



FRESH FRUIT MARBLES

Desenvolvimento de um produto inovador para confeitaria

Avril Flores Chiché

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

Orientador: Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa

Co-orientador: Mestre João Jorge Mestre Dias

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Vítor Manuel Delgado Alves, Investigador Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Mestre João Jorge Mestre Dias, Assistente da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, na qualidade de especialista

Lisboa, 2011

“Imagination is more important than knowledge”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Quero expressar o meu sincero agradecimento de uma forma simples, breve e simbólica, a todos aqueles, pessoas ou entidades, que directa ou indirectamente contribuíram para a concretização desta tese e vida académica. Pelo apoio particularmente relevante justifica-se uma referência especial:

À Professora Dr.^a Isabel de Sousa, na qualidade de orientadora, pelo grande rigor científico, pelo sentido prático, pela exigência, pelo empenho e interesse demonstrado desde o primeiro dia, pela amizade e atenção que se traduziu nas respostas rápidas sempre que foi solicitada, pela leitura crítica do texto original e pela constante cedência de documentação bibliográfica;

Ao Mestre Eng.^o João Dias, na qualidade de co-orientador, pelo precioso incentivo, pelo apoio científico e tecnológico, pela transmissão de todos os seus conhecimentos sobre o tema e experiência na produção de produtos de confeitaria. Mas principalmente pelo interesse na execução do trabalho científico;

Ao Professor Dr.^o Nuno Bartolomeu, pela transmissão dos seus conhecimentos reológicos e pela sua disponibilidade, mas também pelo interesse na execução do trabalho científico e que me forneceu toda a motivação;

A todas as pessoas que nas diferentes fases deram apoio laboratorial para a execução deste trabalho: à Dr.^a Silvina Ferro Palma, ao Eng.^o Canada, à Eng.^a. Maria João Alves, à Eng.^a. Manuela Costa, Eng.^o Carlos Ribeiro, à Célia Lampreia, ao Miguel Floro, à Fernanda Fragoso, à Maria Ludovina e ao Miguel Horta;

À ESAB, pela possibilidade e oportunidade que me concedeu para a realização da dissertação de mestrado, e pela facilidade dos meios concedidos durante a realização da parte experimental.

Às minhas amigas de infância, Inês Luz, Inês Vieira e Joana Nunes, pela amizade ao longo de toda a minha vida e que foram muitas vezes o meu refúgio e pela força que sempre me deram;

Ao meu namorado Ricardo Mello por todo o apoio durante estes dois anos de mestrado, pela paciência e compreensão, pela força e optimismo, pelo companheirismo e principalmente por todo o amor e amizade que me fizeram reavivar muitas vezes a motivação e a coragem;

Aos meus pais que desde sempre me deram todo o apoio, amor, amizade, confiança permanentes e que sem eles nada seria possível;

Aqueles que directa ou indirectamente me ajudaram à realização desta dissertação;

E finalmente aos meus avós que estiveram sempre presentes em toda a minha vida, inclusive no início da minha vida académica e que infelizmente, não tiveram oportunidade de me ver finalizá-la. A eles, dedico este trabalho, eles que foram das pessoas que mais acreditaram em mim e me ajudaram a alcançar muitos dos meus objectivos.

Muito Obrigada!

RESUMO

O objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de gelificados de fruta, translúcidos e apelativos usando gelificantes alternativos à pectina existente na fruta.

Foram efectuadas formulações de gelificados de fruta - *Fresh Fruit Marbles* (FFM) - duas de maçã e uma de sumo de limão. Estas foram inspiradas num produto de confeitaria francesa - *Pâte de Fruits*. Numa primeira formulação, foi utilizado como agente gelificante a pectina de alto metóxilo (HM) (1,5%) e na segunda, iota carragenato/goma alfarroba (1,5%/1,5%), com revestimentos de sacarose, azeite e filme de pectina HM (3%). Na formulação de gelificados translúcidos foi utilizada a pectina HM (2%), com revestimentos de filme de pectina HM (3%), carboximetilcelulose (1%) e iota carragenato (1%).

Foram avaliadas neste trabalho as características químicas (pH, humidade, a_w , total de sólidos solúveis), físicas (textura e cor) e microbiológicas (bactérias e leveduras). A mistura de hidrocolóides, carragenato/goma de alfarroba, nos FFM de maçã promoveu uma textura mais elástica. O revestimento com açúcar revelou ser o que melhor preserva os FFM. A pectina HM (3%) no revestimento dos FFM de sumo de limão aumentou a dureza. Os FFM desenvolvidos são saborosos e muito apelativos visualmente.

Palavras-chave: Fresh Fruit Marbles, Gelificantes, Revestimentos, Pectina, Carragenato, Goma de alfarroba.

ABSTRACT

The aim of this work was the development of an appealing fresh fruit translucent candy, with gelling agents, alternative to the natural fruit pectin.

Three fruit gel formulations were developed, named *Fresh Fruits Marbles* (FFM), two apple based and one lemon juice based. These were inspired on the traditional French patisserie products Patê de Fruits. At first, high methoxyl (HM) pectin (1.5%) was used as a gelling agent and at second a mixture of iota carrageenan/locust bean gum (1.5% /1.5 %) were used. The edible coatings were sucrose, olive oil and HM citrus pectin coating (3%). HM pectin (2%) was used in the formulation of gel translucent. The coatings were: HM pectin (3%), carboxymethyl cellulose (1%) and iota carrageenan (1%).

The characterization analysis was focused on chemical (pH, humidity, a_w , total soluble solids), physical (texture and color) and microbiologic characteristics (mold and yeast counting). The iota carrageenan/locust bean gum mix, in the gel on the Apple based FFM, promoted a more elastic texture. The sugar coating is the one that best preserves the FFM. Pectin HM (3%) coating on lemon juice based FFM promoted an increase in hardness. All developed FFM looked and tasted well – a promising product.

Keywords: Fresh Fruit Marbles, Gelling agents, Edible coatings, Pectins, Carrageenans, Locust bean gum.

EXTENDED ABSTRACT

The aim of this work was the development of an appealing fresh fruit translucent candy, the *Fresh Fruit Marbles* (FFM), with gelling agents, alternative to the natural fruit pectin. This includes the development of edible coatings alternative to sugar, such as hydrocolloids and olive oil. A translucent product was also developed to arise curiosity for its fillings, valuing visual impact.

Three fruit gel formulations were developed, two apple based and one lemon juice based. These were inspired on the traditional French patisserie products *Patê de Fruits*, obtained from the traditional cooking of fruit and sugar, 50:50 (w/w), that becomes a gel and is afterwards iced with sugar, where the gelling agent is the natural pectin present on the fruit's peel and lumps.

The background research was based on hydrocolloid gels, mainly carrageenan, pectin, galactomannan and carboxymethylcellulose, and the coatings based on these.

Gelling agents selection was based on preliminary trials made with several hydrocolloids, throughout different concentrations. Therefore, the selected hydrocolloids were high methoxyl (HM) citrus pectin, iota carrageenan, carboxymethylcellulose, and locust bean gum.

Firstly two apple based FFM formulations were developed. In the first, HM citrus pectin was used as gelling agent, at 1.5 % (w/w). A mixture of gelling agents was used, iota carrageenan/ locust bean gum, 1.5 % (w/w) each. The used edible coating were sucrose, olive oil and HM citrus pectin at 3 % (w/w).

Secondly, the development of a lemon juice based transparent formulation, also named FFM. These were dressed with decorative edible elements inside, peppermint leaf and lemon zest. The used gelling agent was HM citrus pectin at 2 % (w/w). The edible coatings used were HM citrus pectin, at 3 %, carboxymethyl cellulose and iota carrageenan, both at 1 % (w/w).

In this work, the characterization analysis were focused on chemical characteristics (pH, humidity, a_w , total soluble solids), physical characteristics (texture and color) and microbiologic characteristics (mould and yeast counting).

To validate lab results, descriptive statistics was used to each parameter, though the determination of mean values, standard deviation at a confidence interval of 95% were determined. The ANOVA *post hoc* comparisons Scheffé contrasts, to assess significant differences, between the values for a given parameter.

For the apple based FFM, with sugar icing, a slight reduction on moisture and aw was noted, which is positive for shelf-life. The Iota carrageenan/locust bean gum mixture showed a stronger elastic texture profile, with increasing hardness. Sugar icing proved to be the coating that increased the FFM shelf-life, with the lowest mould and yeast counting, without any seen fungal or mustiness.

Lemon juice based FFM did not present any significant differences between peppermint and lemon zest, except for a slight decrease of pH with the addition of lemon zest. Higher concentrations of HM citrus pectin coating, 3 % (w/w), promoted a slight increase on hardness.

In conclusion, the developed Fresh Fruit Marbles were appealing and can be an innovation to be successfully used by the confectioners during summer, when chocolate production/consumption is suspended. FFM is a product filled with freshness and with the natural taste of fruit, where one can use fantasy to dress them up with edible decorative elements making them more appealing and safer in terms of food.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS.....	4
1.1. Gelificados de polissacáridos.....	4
1.2. Agentes gelificantes.....	5
1.2.1. Carragenatos.....	5
1.2.1.1. Estrutura	6
1.2.1.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação	7
1.2.1.3. Propriedades do gel	10
1.2.2. Pectinas	10
1.2.2.1. Estrutura	11
1.2.2.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação	12
1.2.2.3. Propriedades do gel	12
1.2.3. Galactomananas	13
1.2.3.1. Estrutura	13
1.2.3.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação	13
1.2.3.3. Propriedades do gel	14
1.2.4. Carboximetilcelulose	14
1.2.4.1. Estrutura	14
1.2.4.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação	15
1.2.4.3. Propriedades do gel	16
1.2.5. Interações nos sistemas mistos polissacárido/polissacárido	16
1.3. Revestimentos comestíveis em produtos alimentares.....	17
1.3.1. Tipos de revestimentos comestíveis	17
1.3.2. Revestimentos à base de hidrocolóides	18
CAPÍTULO 2. MATERIAIS E MÉTODOS	20

2.1. Materiais	20
2.1.1. Selecção e preparação da matéria-prima	20
2.1.1.1. Maçã	20
2.1.1.2. Produção da polpa de maçã	21
2.1.1.3. Sumo de Limão	22
2.1.2. Selecção de agentes gelificantes	22
2.2. Métodos	24
2.2.1. Caracterização química	24
2.2.1.1. Determinação da humidade	24
2.2.1.2. Determinação da actividade da água	24
2.2.1.3. Determinação do pH	25
2.2.1.4. Determinação do grau Brix.....	25
2.2.2. Caracterização física	26
2.2.2.1. Análise à Cor	26
2.2.2.2. Análise à Textura	26
2.2.2.2.1. Teste de penetração.....	27
2.2.2.2.2. Teste de corte	27
2.2.2.2.3. Teste de compressão	27
2.2.3. Caracterização microbiológica.....	28
2.2.3.1. Contagem de bolores e leveduras.....	28
2.3. Análise Estatística.....	28
CAPÍTULO 3. DESENVOLVIMENTO DA RECEITA DE <i>FRESH FRUIT MARBLES</i> (FFM) À BASE DE MAÇÃ.....	29
3.1. Formulação dos FFM.....	29
3.2. Desenho experimental - Preparação dos FFM.....	29
3.3. Resultados e discussão	34
3.3.1. Utilização de vários hidrocolóides nos Fresh Fruit Marbles e de vários revestimentos comestíveis	34
3.3.1.1. Determinação da humidade	35

3.3.1.2. Determinação da actividade da água	35
3.3.1.3. Determinação do pH	36
3.3.1.4. Determinação do grau Brix.....	37
3.3.1.5. Determinação da Cor	37
3.3.1.6. Determinação da Dureza	41
3.3.1.7. Determinação de Bolores e leveduras	44
CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO DA RECEITA DE <i>FRESH FRUIT MARBLES</i> (FFM) À BASE DE SUMO DE LIMÃO	46
4.1. Formulação dos FFM.....	46
4.2. Desenho experimental - Preparação dos FFM.....	47
4.3. Resultados e discussão	51
4.3.1. Utilização de vários revestimentos comestíveis em Fresh Fruit Marbles	51
4.3.1.1. Determinação da humidade	52
4.3.1.2. Determinação da actividade da água	52
4.3.1.3. Determinação do pH	53
4.3.1.4. Determinação do grau Brix.....	54
4.3.1.5. Determinação da Cor	54
4.3.1.6. Determinação da Dureza	57
CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICES	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Quadro-resumo das propriedades funcionais dos três principais tipos de carragenato.	8
Tabela 2. Parâmetros de selecção da principal matéria-prima.	20
Tabela 3. Quantidades dos ingredientes utilizados para as receitas de <i>Fresh Fruit Marbles</i>	31
Tabela 4. Composição do filme de revestimento e respectivas quantidades.	33
Tabela 5. Descodificação dos códigos, referentes às amostras, usados nos gráficos onde se apresentam os resultados.	34
Tabela 6. Quantidades dos ingredientes utilizadas para a receita de FFM à base de sumo de limão (em gramas).	46
Tabela 7. Formulações dos revestimentos testados.	47
Tabela 8. Descodificação dos códigos, referentes às amostras, usados nos gráficos onde se apresentam os resultados.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pâte de fruits	2
Figura 2. Estrutura primária dos carragenatos.....	6
Figura 3. Mecanismo de gelificação do iota carragenato.....	9
Figura 4. Estrutura da pectina	11
Figura 5. Estrutura da goma alfarroba	13
Figura 6. Modelo esquemático para as zonas de junção em géis de galactomananas.....	14
Figura 7. Unidade estrutural da carboximetilcelulose	15
Figura 8. <i>Fresh Fruit Marble</i> transparentes sem adição do elemento decorativo.....	22
Figura 9. Determinação do aw (A). Registador de temperatura e humidade (B).	24
Figura 10. Refractómetro de bancada.	25
Figura 11. Representação esquemática do modelo CIELAB	26
Figura 12. Fluxograma da produção de FFM à base de maçã.....	30
Figura 13. Molde.	32
Figura 14. <i>Fresh Fruit Marbles</i> à base de maçã revestidos com sacarose (A) e com filme de pectina de alto metóxilo (B).	32
Figura 15. Valores de humidade. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	35
Figura 16. Valores de a_w . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	36
Figura 17. Valores de pH. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	36
Figura 18. Valores do grau Brix. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	37
Figura 19. Valores da cor - L^* . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	38
Figura 20. Valores da cor - a^* . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	38
Figura 21. Valores da cor - b^* . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	39

Figura 22. Imagens dos FFM revestidos com azeite. (A) FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; (B) FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.	40
Figura 23. Imagens dos FFM revestidos com açúcar. (A) FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; (B) FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.	40
Figura 24. Imagens dos FFM revestidos com filme de Pectina HM. (A) FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; (B) FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.	40
Figura 25. Valores da dureza realizados por diferentes testes – corte (A), compressão (B) e penetração (C). FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).....	41
Figura 26. Gráficos de perfil de textura médio do teste de corte (A, B), compressão (C, D) e Penetração (E, F). FFM com um hidrocolóide (A, C e E); com dois hidrocolóides (B, D e F).	43
Figura 27. Valores da contagem de bolores e leveduras. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).	44
Figura 28. Resultados visuais dos FFM revestidos de azeite, em embalagens de plástico, ao fim de 3 semanas. FFM com um hidrocolóide (A). FFM com mistura de hidrocolóides (B).	45
Figura 29. Fluxograma da produção de FFM à base de sumo de limão.	48
Figura 30. Valores de Humidade, em percentagem, em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).	52
Figura 31. Valores da actividade da água (aw) em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).	53
Figura 32. Valores do pH em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).	53
Figura 33. Valores do grau Brix em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).	54

Figura 34. Valores da Luminosidade (L^*) em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).	54
Figura 35. Valores de a^* em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).....	55
Figura 36. Valores do b^* em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).....	55
Figura 37. Imagens dos FFM revestidos com solução filmogénica. (A) FFM com tira de casca de limão; (B) FFM com hortelã-pimenta.	56
Figura 38. Valores da dureza realizados por diferentes métodos – compressão (A), penetração (B) e corte (C) – aos FFM à base de sumo de limão. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).....	57
Figura 39. Gráficos das médias do teste de compressão (A, B), penetração (C, D) e corte (E, F) nos FFM à base de sumo de limão, com tiras de limão (A, C e E); hortelã-pimenta (B, D e F). CMC: revestimento com carboximetilcelulose; PHM: Revestimento com pectina de alto metóxilo; IC: Revestimento com Iota carragenato.....	59

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

Com a globalização dos mercados é fundamental a competitividade das empresas, o que requer competência e sobretudo inovação. O nível de exigência dos consumidores, cada vez mais informados, leva a uma procura constante de qualidade e novos sabores, colocando-os à prova. Este novo enquadramento obriga a indústria a um esforço sério de actualização tecnológica. Para o produto ser consumido, i.é., aceite pelo consumidor exigente, terá de reunir determinadas propriedades sensoriais. Estas, por sua vez, poderão ser traduzidas em termos de propriedades físicas, macroscópicas, mensuráveis instrumentalmente e que são, no fundo, a expressão da estrutura que resulta da composição química do material (Sousa, 2001).

Os hidrocolóides têm um grande impacto sobre as propriedades dos alimentos. A correcta aplicação destes é um tema fascinante que continua a envolver as atenções de muitos investigadores e cientistas. Estes são utilizados na indústria alimentar como estabilizantes, espessantes e gelificantes. A sua obtenção provém de uma ampla gama de matérias-primas naturais, incluindo microrganismos, plantas terrestres e marinhas e de tecidos conjuntivos de animais. A inclusão destes hidrocolóides nos produtos alimentares tem inúmeras funções, tais como controlo da humidade, estrutura, estabilidade e conferem características sensoriais vantajosas aos alimentos (Imenson, 2010).

Originalmente o nome *pâte de fruits ou coing*, apresentada na Figura 1, provém de um produto de confeitaria artesanal obtido a partir da cozedura de frutos juntamente com açúcar, em igual proporção; sem adição de conservantes nem aromas artificiais. É de conhecimento geral que este método remonta ao século passado tendo como objectivo a conservação da polpa das frutas. Actualmente, para além deste objectivo primordial, a *pâte de fruits* tem grande destaque na confeitaria francesa que por sua vez se expandiu mundialmente. É considerado por muitos um produto *gourmet* muito requintado, cobiçado por muitos e muito agradável. Inicialmente “abriu os olhos” às gerações mais jovens, mas muito rapidamente chegou a ser apreciado por todas as gerações, que não resistiram ao saboroso “gelificado de fruta”.



Figura 1. Pâte de fruits (Oasis, 2009).

Tradicionalmente, a *pâte de fruits* é apresentada em formato de cubo ou rectângulo e é envolvida em açúcar (sacarose) de modo a evitar que os cubinhos sejam agregados uns aos outros.

A *pâte de fruits* adquire a sua textura agradável através de um processo de gelificação utilizando como agente gelificante a própria pectina da fruta, encontrada na casca e caroços desta.

Com base nestes deliciosos produtos de confeitaria, este trabalho teve dois objectivos. Em primeiro o desenvolvimento de receitas utilizando outros agentes gelificantes, e em segundo o desenvolvimento de outros revestimentos, alternativos à sacarose, comestíveis, como a utilização de hidrocolóides e de uma gordura de origem vegetal – azeite.

Numa primeira parte do trabalho, foi realizado um ensaio que teve como objectivo a produção de gelificados à base maçã, utilizando vários agentes gelificantes (pectina de alto metóxilo e mistura de iota carragenato/goma alfarroba), que foram intitulados de *Fresh Fruit Marbles* (FFM), por terem forma esférica. Uma das grandes vantagens da mistura destes hidrocolóides é a utilização de temperaturas de gelificação baixas, não alterando tanto o sabor natural da fruta.

A selecção destes hidrocolóides, assim como a melhor concentração a ser utilizada, teve por base uma série de ensaios preliminares. Esses ensaios compreenderam uma vasta gama de agentes gelificantes (goma xantana, alginato de sódio, goma alfarroba, pectina de baixo e alto metóxilo, mistura de pectina de alto metóxilo/goma xantana, mistura de kappa carragenato/goma alfarroba, carboximetilcelulose, agar, gelatina animal, entre outros), e foram utilizadas variadas concentrações que estavam compreendidas entre 0,5 – 4 %.

Numa segunda parte do trabalho, foi desenvolvido um ensaio onde se produziram gelificados “transparentes” à base de sumo de limão confeccionado no momento (contendo no seu interior folhas de hortelã-pimenta e tiras de cascas de limão), utilizando como agente gelificante a pectina de alto metóxilo. Estes denominam-se igualmente por FFM alterando simplesmente a fruta utilizada. O desenvolvimento deste produto tem por objectivo despertar

a curiosidade pelos recheios, originando um produto alimentar não simplesmente comestível mas valorizando o aspecto visual. Para além destas vantagens, o facto de ser à base de limão proporciona um toque de frescura, ideal para estações mais quentes.

Simultaneamente a estas duas partes do trabalho, foi intercalado o desenvolvimento de receitas de revestimentos comestíveis para os FFM à base de hidrocolóides (carboximetilcelulose, iota carragenato e pectina de alto metóxilo) com a finalidade de aumentar o tempo de vida útil do produto, a sua qualidade e segurança no que toca às suas características físico-químicas, microbiológicas e de textura.

Foram avaliadas neste trabalho, as características químicas (pH, humidade, actividade da água, teor em sólidos solúveis totais), as características físicas (textura e cor) e as características microbiológicas (contagem de bolores e leveduras).

Um dos grandes objectivos deste ensaio é a inovação e desenvolvimento de um produto com um sabor o mais próximo possível do sabor natural da fruta, sem adição de conservantes nem aromas artificiais, mantendo o sabor intenso da fruta por um longo período de tempo. Estes novos produtos poderão igualmente posicionar-se na gama *gourmet*. Como produto fresco, suave e saboroso pode identificar-se com as estações mais quentes do ano. Poderá ser uma boa escolha para os mestres chocolateiros que interrompem a produção de chocolate nestas estações.

Em determinados produtos alimentares, a textura ou a consistência são propriedades sensoriais determinantes da sua aceitação pelo consumidor. A avaliação objectiva destas características é do domínio da Reologia. Estas permitem progredir no desenvolvimento do produto, sem recorrer ao painel sensorial, o que se traduz numa economia substancial de tempo e custos (Sousa, 2001).

O estudo das propriedades reológicas dos biopolímeros (polissacáridos e proteínas) em solução fornece indicações sobre a conformação e as interacções das macromoléculas em solução. Permitem ainda ter uma medida objectiva do poder espessante dos biopolímeros e da sua capacidade de gelificação, que são importantes propriedades no seu uso em produtos alimentares e mais uma vez constituem uma ferramenta de acompanhamento e controlo do processamento.

Está em curso um trabalho de conservação dos FFM, que não entrará nesta dissertação mas que irá ser desenvolvido em trabalhos futuros. Os FFM foram produzidos e armazenados de modo a avaliar a sua qualidade ao fim de 6 meses.

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

1.1. Gelificados de polissacáridos

Na literatura é possível encontrar várias definições de gel. Doublier e Thibault (1984) definiram um gel como um sistema bifásico, constituído por uma rede macromolecular tridimensional sólida, retendo na sua malha uma fase líquida. Dado ser um material viscoelástico, um gel pode ser considerado como um estado intermédio entre o estado líquido e o estado sólido. A sua organização permite manter a forma e resistir a certas tensões.

Segundo Tolstoguzov (1992) a formação de gel é uma das propriedades funcionais mais importantes dos biopolímeros alimentares. O termo “propriedades funcionais” diz respeito às características dos biopolímeros que contribuem para a estrutura do alimento, com elevado impacto nas características sensoriais, determinando a aceitabilidade do produto alimentar pelo consumidor. Neste contexto, e em termos práticos, funcionalidade é qualquer propriedade do biopolímero, além do seu valor nutricional, que determina a sua utilização como ingrediente alimentar (Pomeranz, 1991).

Sanderson (1981) afirma que os polissacáridos são usados na indústria alimentar devido às suas propriedades espessantes, estabilizantes, gelificantes e em alguns casos emulsionantes. Quando dispersos em meio aquoso, os polissacáridos revelam uma grande capacidade hidrofílica, característica que está na base das propriedades referidas e particularidade que os transforma em importantes modificadores da textura dos alimentos (Glicksman, 1969). Os polissacáridos são ainda importantes agentes desidratantes (ligam-se à água, retendo-a) e podem ligar-se a componentes do *flavour*, o que é importante do ponto de vista da conservação e da percepção (Sanderson, 1981).

Os polissacáridos podem ser extraídos das algas (agar, carragenatos e alginatos), de sementes de plantas (goma guar e goma alfarroba), de extractos das plantas (pectinas), obtidos por fermentação bacteriana (goma xantana e goma gelano) ou obtidos por modificação química das macromoléculas naturais (celulose e seus derivados e amido) (Sousa, 2010).

Existem muitos polissacáridos acessíveis no comércio, mas a selecção do melhor candidato para uma determinada aplicação, requer o perfeito conhecimento das suas propriedades em solução (Sanderson, 1981; Glicksman, 1969).

Os polissacáridos provenientes das algas estão sujeitos a variações de disponibilidade em matéria-prima, o que pode trazer problemas na satisfação do mercado, com a consequente elevação do seu preço (Leitão, 1995).

1.2. Agentes gelificantes

Os agentes gelificantes alimentares são macromoléculas que se dissolvem ou dispersam facilmente em água, produzindo um efeito gelificante. As proteínas e os polissacáridos são os dois tipos de hidrocolóides responsáveis, em grande parte, pela estrutura, propriedades mecânicas e físico-químicas de muitos alimentos. As propriedades funcionais evidenciadas pelos hidrocolóides, em solução, devem-se a interações que estes componentes macromoleculares estabelecem entre si e com o meio aquoso (Nunes, 2005).

Nos últimos anos, a aplicação dos hidrocolóides tem tido um redobrado interesse na denominada gastronomia molecular e parte deste interesse tem sido dirigido para a utilização de hidrocolóides desenvolvidos recentemente. Uma consequência benéfica do interesse crescente nesta área é o facto de actualmente estes hidrocolóides estarem acessíveis a preços razoáveis a todas as aplicações, contrastando com a situação de algumas décadas onde praticamente apenas estavam disponíveis para a indústria (Imenson, 2010).

Os hidrocolóides gelificantes mais importantes na indústria alimentar são a gelatina, pectina, carragenato, alginato, amido e agar. A hidroxipropilmetilcelulose, goma gelano, goma de konjac, soja, proteínas do leite, assim como as misturas pectina/alginato, carragenato/goma konjac e xantana/goma de alfarroba, são de utilização mais recente (Vries, 2004).

Os agentes gelificantes utilizados neste trabalho foram a pectina de alto metóxilo, o iota carragenato, a goma de alfarroba e a carboximetilcelulose.

1.2.1. Carragenatos

Os carragenatos são polissacáridos sulfatados extraídos de diversas algas marinhas vermelhas (*Rhodophyceae*). Têm uma importância fulcral quando utilizados como espessantes, gelificantes e estabilizantes em produtos alimentares (Campo *et al.*, 2009; Blakemore *et al.*, 2010).

Actualmente, cerca de 70-80% de todos os produtos com carragenatos são utilizados pela indústria alimentar. Os consumidores exigem produtos de alta qualidade que mantenham a estabilidade, suspensão e aparência visual ao longo da vida útil do produto seja refrigerado ou à temperatura ambiente de armazenamento (Blakemore *et al.*, 2010).

1.2.1.1. Estrutura

Os carragenatos têm um esqueleto comum constituído por uma cadeia de D-galactoses, ligadas alternadamente em (1→3) - α -D e (1→4) - β -D. As diferenças resultam da quantidade e posição dos grupos sulfato e da presença, ou ausência, duma ponte 3,6-anidro na galactose ligada em 1 e 4 (Campo et al., 2009).

Distinguem-se as seguintes fracções: kappa (κ), iota (ι) e lambda (λ). Originalmente, na alga estão presentes duas fracções suplementares, miu (μ) e niu (ν), os precursores biológicos das fracções kappa e iota, respectivamente, que não apresentam a ponte anidro-galactose (Figura 2). A transformação da unidade de galactose em anidro-galactose é obtida pela eliminação de um grupo sulfato, por via enzimática, na alga, ou por tratamento alcalino, durante o processo de extracção. A partir de uma alga específica não é possível obter um tipo único de carragenato, variando as proporções das diferentes fracções de acordo com a espécie de alga, o ciclo de vida da mesma e o tipo de colheita, sendo os carragenatos designados pelo nome da fracção dominante (Campo et al., 2009; Blakemore et al., 2010).

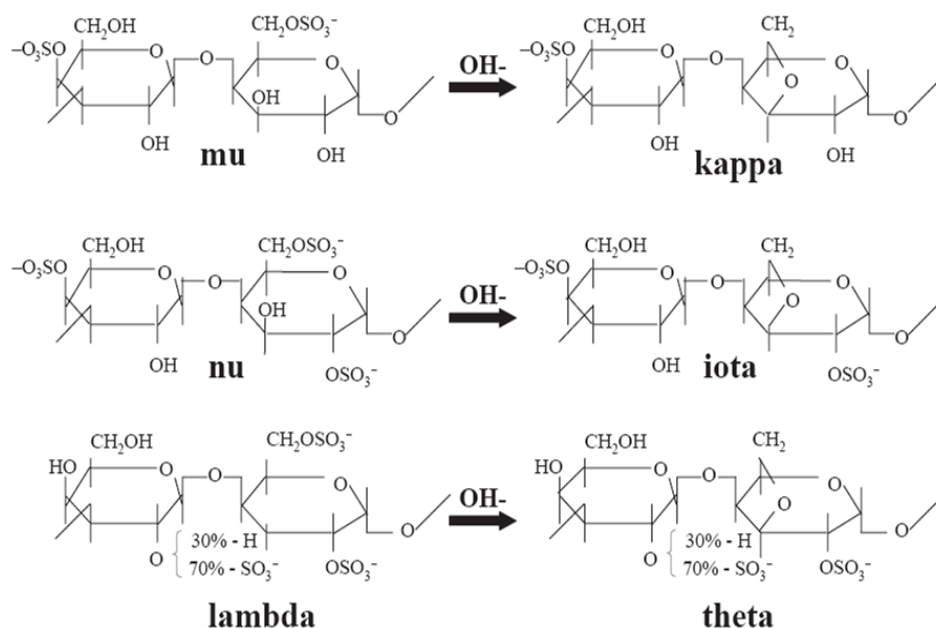


Figura 2. Estrutura primária dos carragenatos (Blakemore et al., 2010).

Os dímeros de iota, kappa e lambda têm um, dois e três grupos éster sulfatados, correspondendo a um conteúdo de sulfato de 20%, 33% e 41% (m/m) respectivamente. Comercialmente o kappa carragenato contém 22% (m/m) de sulfato, o iota carragenato 32% (m/m) e lambda carragenato 38% (m/m), embora possam ocorrer grandes variações devido a diferenças entre espécies de algas ou lotes (Campo et al., 2009; Karbowiak et al., 2006).

1.2.1.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação

A combinação da complexidade química, das interações com outros ingredientes e da variabilidade natural pode fazer com que o uso de carragenatos pareça algo difícil de trabalhar na indústria alimentar. Contudo, os fabricantes de carragenatos reduziram a variabilidade do produto e padronizaram as interações e as propriedades de forma a facilitar a sua aplicação (Blakemore *et al.*, 2010).

As propriedades físicas primárias dos três maiores tipos de carragenato, incluindo a solubilidade e as características de gelificação estão descritas sumariamente na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro-resumo das propriedades funcionais dos três principais tipos de carragenato.

Solubility	Lambda (λ)	Iota (ι)	Kappa (κ)
<i>Hot (80°C) water</i>	Soluble	Soluble	Soluble
<i>Cold (20°C) water</i>	All salts soluble	Na ⁺ salt soluble Ca ⁺⁺ salt gives thyrotrophic swollen particles	Na ⁺ salt soluble. Limited swelling of K ⁺ , Ca ⁺⁺ salts
<i>Hot (80°C) milk</i>	Soluble	Soluble	Soluble
<i>Cold (20°C) milk</i>	Thickens	Insoluble	Insoluble
<i>Cold milk (TSPP added)</i>	Increased thickening or gelling	Thickens or gels	Thickens or gels
<i>50 % sugar solutions</i>	Soluble	Insoluble	Soluble hot
<i>10 % salt solutions</i>	Soluble hot	Soluble hot	Insoluble
Gelation			
<i>Effect of cations</i>	Non-gelling	Strongest gels with Ca ⁺⁺	Strongest gels with K ⁺
<i>Gel texture</i>	-	Elastic	Brittle
<i>Syneresis</i>	-	No	Yes
<i>Hysteresis</i>	-	5-10°C	10-20°C
<i>Freeze-thaw stable</i>	Yes	Yes	No
<i>Synergy with locust bean gum (LBG)</i>	No	No	Yes
<i>Synergy with konjac flour</i>	No	No	Yes
<i>Synergy with starch</i>	No	Yes	No
<i>Shear-reversible</i>	Yes	Yes	No
Stability in acid	Hydrolysis	Hydrolysis, accelerated by heat, low pH and time. Gels are stable	
Protein reactivity	Strong protein interaction in acid		Specific reaction with kappa casein

Fonte: Blakemore *et al.* (2010).

A solubilidade em água depende da proporção de fracções sulfatadas (muito hidrófilas) e do equilíbrio em catiões em água, que por sua vez determina a viscosidade das soluções ou a força dos géis produzidos por carragenatos (Campo *et al.*, 2009).

Os principais catiões presentes em carragenatos são o sódio, potássio, cálcio e o magnésio. A presença do catião adequado, geralmente potássio ou cálcio, é um requisito absoluto para que ocorra o processo de gelificação. Enquanto o kappa carragenato forma um gel firme em presença de iões de potássio (K^+), o iota carragenato interage com iões de cálcio (Ca^{2+}) formando géis moles e elásticos (Figura 3) (Karbowski *et al.*, 2006; Blakemore *et al.*, 2010).

Campo *et al.* (2009) sugere que o aumento da viscosidade dos carragenatos pode ocorrer devido a dois mecanismos: da interação entre as cadeias lineares ou aumento da perda de volume; ou da formação de um gel físico causada por ligações cruzadas – *Cross-linking* – entre cadeias. O segundo mecanismo descrito aumenta particularmente a viscosidade do kappa e do iota carragenato.

O kappa e iota carragenatos formam uma cadeia tridimensional com dupla hélice devido ao cruzamento de ligações – *Cross-linking* – das cadeias espirais adjacentes que contém grupos sulfato orientados em direcção à parte exterior. Um requisito para a formação da hélice dupla é a presença de iões em solução. Iões potássio têm uma função estabilizante e por isso são capazes de se introduzir entre as cadeias de hélice dupla neutralizando as cargas dos grupos sulfato, facilitando a aproximação destas (Figura 3) (Campo *et al.*, 2009).

O mecanismo de gelificação do iota carragenato é evidenciado na Figura 3.

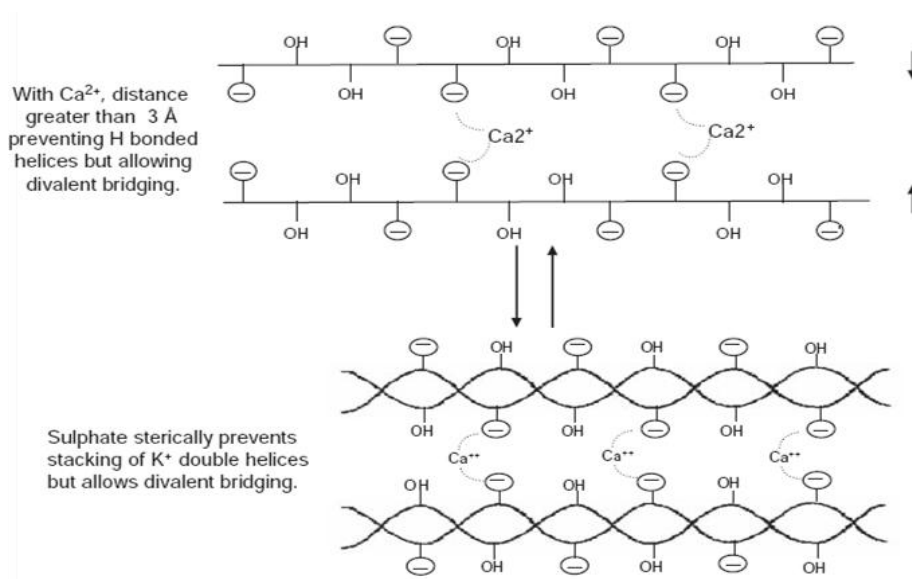


Figura 3. Mecanismo de gelificação do iota carragenato (Blakemore *et al.*, 2010).

Em regra, todos os carragenatos são solúveis em água quente. Soluções quentes de kappa e iota carragenato estabilizam quando arrefecidas abaixo da temperatura do ponto de gel, compreendida entre 30° e 70°C, dependendo dos catiões e outros ingredientes presentes para formar diferentes gamas de textura de gel (Blakemore *et al.*, 2010). A redução da temperatura da solução provoca um aumento abrupto da viscosidade aparente e afecta a solubilidade do polímero, induzindo o fenómeno de gelificação (Leitão, 1995).

A presença de alto teor em sólidos solúveis concentra efectivamente o carragenato e catiões, em fase aquosa, para que ocorra a gelificação a temperaturas iguais ou superiores a 80-85°C, colocando limitações no que toca aos níveis adequados e tipos de carragenatos para aplicações alimentares (Blakemore *et al.*, 2010).

Vários métodos podem ser utilizados para assegurar que as partículas de carragenato fiquem totalmente dispersas no começo da hidratação. Estes incluem uma mistura de carragenato com 5 a 10 vezes o seu peso com um conteúdo inerte, tal como açúcar ou dextrose. Uma mistura com óleo garante uma barreira hidrofóbica à volta de cada partícula ou a sua dispersão numa solução salina, xarope de açúcar ou álcool (Blakemore *et al.*, 2010).

1.2.1.3. Propriedades do gel

Dependendo do tipo de carragenato, assim diferem as propriedades reológicas dos géis. As texturas destes variam desde a textura emborrachada até à textura friável ou quebradiça. De todos os carragenatos o kappa carragenato é o menos sulfurado por isso o mais fácil de gelificar (Sanderson, 1989).

As soluções kappa e iota carragenato formam sistemas gelificantes, sendo o gel da fracção kappa mais coeso que o da fracção iota. A fracção iota forma um gel termicamente reversível, frágil e elástico. (Stanley, 1990; Hambleton *et al.*, 2009; Blakemore *et al.*, 2010).

A sinérese é a eliminação de água de um gel ficando este contraído. Os géis kappa têm elevados níveis de sinérese enquanto os géis iota não apresentam sinérese. O controlo da sinérese é essencial para algumas aplicações (Blakemore *et al.*, 2010).

1.2.2. Pectinas

O mercado da pectina no mundo duplicou nos últimos 20 anos com uma taxa de crescimento de aproximadamente 3,5% por ano. Esse mercado envolve uma vasta gama de produtores industriais, onde se destacam como principais: *CP Kelco*, *Cargill*, *Danisco*, *Herbstreith* e *Fox* e *Obipektin* (Brejnholt, 2010).

Historicamente, a principal fonte de pectina foi a maçã, mas actualmente, um notável crescimento da utilização da pele de citrinos tem sido verificado. Nos últimos anos, novas oportunidades de aplicações tem emergido e a pectina não é apenas um agente de gelificação mas também um espessante e estabilizante (Brejnholt, 2010).

1.2.2.1. Estrutura

A pectina é constituída por uma cadeia principal de unidades de ácido α -D-galacturónico em ligações 1 \rightarrow 4 parcialmente esterificadas com grupos metóxilo (Figura 4). Estas cadeias estão dispostas em hélice de compasso três (Rolin e Vries, 1990). Tal como acontece com os alginatos, uma vez alinhadas as cadeias do polímero, podem estabelecer-se pontes de hidrogénio entre cadeias vizinhas formando um gel (Beirão-da-Costa, 1998).

Algumas pectinas têm parte dos grupos metóxilo substituídos por grupos amida ou neutralizados por catiões. Outros açúcares neutros como galactose, glucose, ramnose, arabinose e xilose estão presentes em pequenas quantidades ligados às cadeias laterais ou incorporados na cadeia principal (Leitão, 1995).

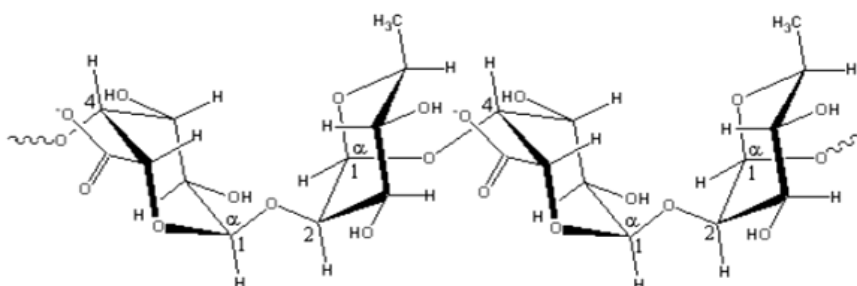


Figura 4. Estrutura da pectina (Sousa, 2010).

Teoricamente, a escala do grau de esterificação das pectinas (DE - degree of esterification) está compreendida entre 0 a 100 %. As pectinas comerciais podem dividir-se em pectinas fracamente esterificadas (LM de *low methoxyl*) e altamente esterificadas (HM de *high methoxyl*) de acordo com o grau de esterificação (percentagem de unidades de ácido galacturónico esterificado com metanol). Quando o grau de esterificação é superior a 50 %, as pectinas são classificadas por HM (alto teor de metóxilo), quando este é inferior a 50 %, por pectinas LM (baixo teor de metóxilo) (Morris *et al.*, 2008).

As pectinas comerciais possuem, geralmente um DE entre 55 – 75 % para pectinas de HM e 20 – 45 % para pectinas de LM (Brejnholt, 2010).

1.2.2.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação

A pectina é solúvel em água pura. Contudo a solubilização deve ser feita de um modo gradual e com alguns requisitos. Quando a pectina desidratada é adicionada à água, ocorre a formação de grânulos dificultando a hidratação da pectina. Consequentemente, certos procedimentos devem ser seguidos quando se preparam soluções de pectina. Como alternativa, para melhorar a dispersão em água sem formação de grânulos, é misturando o pó de pectina em 1/5 de açúcar, de forma a ocorrer a total dispersão (Brejnholt, 2010).

A sacarose é utilizada como principal agente desidratante e promove a separação das moléculas de água que rodeiam os grupos éster-metilo das cadeias de pectina. A acção conjunta do agente desidratante e baixo pH promove associações intermoleculares através de pontes de hidrogénio com interacções hidrofóbicas (Oakenfull e Scott, 1984).

Geralmente, as pectinas adquirem a sua estabilidade em pH óptimo compreendido entre 3,5-4,0 e degradam-se dificilmente e lentamente fora desta escala. Para ocorrer gelificação é necessário um elevado conteúdo em sólidos solúveis e de uma temperatura crítica de gelificação alta (Brejnholt, 2010).

O mecanismo de gelificação das pectinas de HM sugere a existência de uma hélice tri-pregueada formada pelas cadeias de pectina, na qual os grupos éster ocupariam os canais existentes entre as suas cadeias, associando-se alguns destes para formar as zonas de junção que dão origem à malha do gel (Leitão, 1995).

1.2.2.3. Propriedades do gel

Rao e Cooley (1993) sugerem que as propriedades viscoelásticas das pectinas HM são altamente dependentes da velocidade de arrefecimento, pelo que deve ser bem controlada de modo a obter um gel uniforme e variam com o tempo de armazenamento, temperatura e pH dos géis.

A pectina é utilizada tradicionalmente como agente gelificante em compotas e geleias, que utiliza a capacidade da pectina HM para formar géis em pH baixo e níveis elevados de açúcar e a capacidade de pectina LM para formar géis em baixos níveis de açúcar na presença de cálcio. No entanto, ao longo dos anos, novas oportunidades emergiram e as aplicabilidades da pectina são diversas e abundantes (Brejnholt, 2010) como produtos de confeitaria, produtos de panificação, entre outros.

Finalmente a pectina oferece um excelente *flavour* devido ao pequeno peso das moléculas quando comparado com outros hidrocolóides (Brejnholt, 2010).

1.2.3. Galactomananas

As galactomananas são hidrocolóides extraídos do endosperma de sementes de leguminosas destacando-se a goma alfarroba, a goma guar e a goma tara. As duas galactomananas mais frequentemente utilizadas na indústria alimentar são a goma alfarroba (*Carob* ou *Locust Bean Gum* – LBG) e a goma guar (Wielinga, 2010; Sousa, 2010).

1.2.3.1. Estrutura

A estrutura primária das galactomananas é constituída por uma cadeia principal de moléculas em ligações 1→4 de β-D-Manose, substituídas lateralmente por açúcares em ligações 1→6 de α-D-galactose (Figura 5). A composição das galactomananas pode ser caracterizada pela proporção relativa de manose e galactose (razão M:G) (Wielinga, 2010;Sousa, 2010).

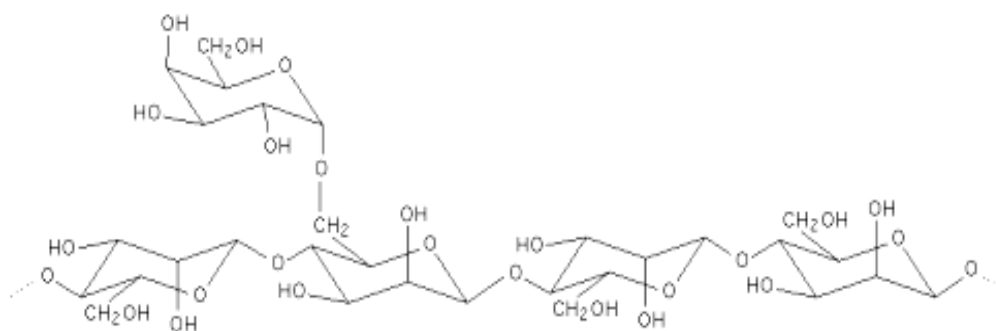


Figura 5. Estrutura da goma alfarroba (Cybercolloids, 2011).

1.2.3.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação

As galactomananas não gelificam só por si, mas contribuem de um modo sinérgico para a gelificação dos polissacáridos gelificantes (Wielinga, 2010).

Em geral, a facilidade de solubilização das galactomananas aumenta com o conteúdo em galactose (Sousa, 2010).

A goma alfarroba apresenta uma proporção de M:G de 3,5 (Sousa, 2010). Esta pode ser separada em duas fracções, uma solúvel em água fria e outra solúvel em água quente, com baixa e elevada razão M:G respectivamente (Leitão, 1995).

A estrutura molecular em estado sólido é um cristal com uma estrutura com manose com espaço intercalar aberto para acomodar as cadeias laterais de galactose (Figura 6). Em solução, a molécula adopta a conformação aleatória de bobina (Sousa, 2010). A junção de manose-manose tem sido proposta para explicar a gelificação.



Figura 6. Modelo esquemático para as zonas de junção em géis de galactomananas (Sousa, 2010).

1.2.3.3. Propriedades do gel

A força do gel depende da concentração total de polímero. No caso dos sistemas mistos a força do gel vai ser altamente dependente da proporção dos polímeros intervenientes.

A adição da goma alfarroba ao kappa carragenato provoca um aumento de força até uma dada proporção seguido de um decréscimo. O efeito global da substituição do kappa carragenato pela goma alfarroba é a redução da fragilidade dos géis (i.é. diminuição da fragilidade do gel e aumento da força requerida para a ruptura) tornando-se mais elásticos e reduzindo grandemente a sinérese. Os géis possuem assim uma textura menos quebradiça (Sousa *et al.*, 1995). Este efeito nas propriedades reológicas dos géis é devido, provavelmente, ao facto das galactomananas restringirem a agregação das hélices, impedindo a compactação dos polissacáridos provenientes das algas (Leitão, 1995).

1.2.4. Carboximetilcelulose

A carboximetilcelulose, também conhecida como goma de celulose (CMC), é a mais usual dos derivados de celulose, sendo constituída por grupos carboximetil. Normalmente é apresentada na forma sódica, como carboximetilcelulose de sódio.

Em aplicações alimentares, goma de celulose é um agente espessante e uma barreira eficaz contra a humidade em vários produtos alimentares (Cash e Caputo, 2010).

1.2.4.1. Estrutura

Carboximetilcelulose é constituído por duas fracções: a fracção hidrofílica e a hidrofóbica. Esta estrutura forma uma rede tridimensional com uma capacidade de ligar moléculas de água dentro do sistema. CMC é formado através de uma reacção com ácido cloroacético e alcalinos. A estrutura deste é baseada no polímero β - (1 \rightarrow 4) -D-glicopirranose de celulose (Figura 7).

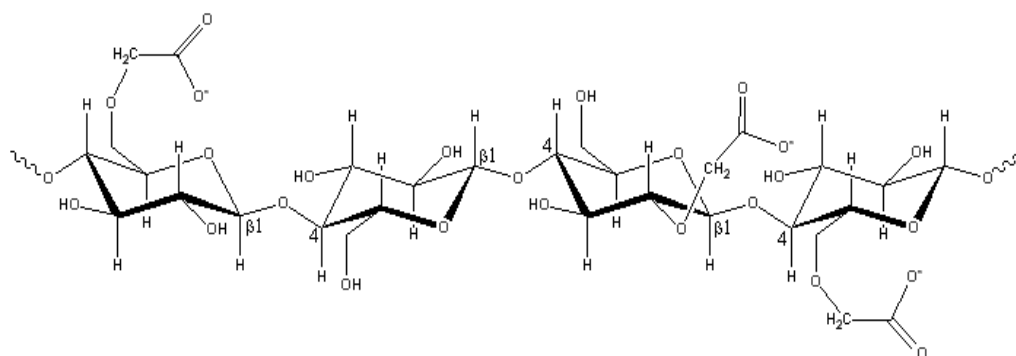


Figura 7. Unidade estrutural da carboximetilcelulose (Sousa, 2010).

Celulose é constituída por unidades repetidas de celobiose. Cada unidade é composta por duas unidades de anidroglicose. Estas agregam-se através de ligações β - (1 \rightarrow 4), sendo conhecido o fenómeno como grau de polimerização da celulose. Cada unidade de anidroglicose contém três grupos hidroxilo. Estes são as regiões onde a substituição toma lugar formando os derivados de celulose. O número de grupos hidroxilo é substituído após a reacção e é conhecida como o grau de substituição (Cash e Caputo, 2010).

As características da solução podem variar dependendo do grau de polimerização e do grau de substituição dos grupos carboximetil ($-\text{CH}_2\text{-COOH}$), assim como a uniformidade da substituição. (Cash e Caputo, 2010).

Em média as moléculas da CMC são menores que as nativas de celulose com derivatização desigual originando áreas maiores e substituições baixas. Esta substituição é geralmente 2-O- e 6-O-R, seguida em ordem de importância ligações 2,6-di-O-, em seguida, 3-O-, 3,6-di-O-, 2,3-di-O- e por último 2,3,6-tri-O- (Sousa, 2010).

1.2.4.2. Propriedades funcionais e mecanismo de gelificação

Derivados da celulose são polímeros de cadeia longa. O comprimento da cadeia ou o grau de polimerização tem impacto na solubilidade da solução. A goma de celulose tem um comprimento de cadeia mais longa tendo uma viscosidade mais elevada (Cash e Caputo, 2010).

As moléculas da CMC são mais estendidas, têm forma de bacilos, em baixas concentrações mas a altas concentrações as moléculas enrolam-se e formam uma espiral, formando um gel termoreversível. O aumento da força iónica e diminuição do pH diminui a viscosidade e torna a estrutura do polímero ainda mais enrolada (Sousa, 2010).

A goma de celulose é um polímero aniónico muito solúvel em água quente ou fria, na qual forma géis. Por causa da hidratação rápida de goma de celulose, as partículas tem tendência a aglomerar-se e formar grânulos quando o pó é introduzido na água. De modo a

evitar estes episódios são utilizadas técnicas eficazes de modo a formar dispersões de goma de celulose, com poucos ou nenhuns grânulos que incluem o uso de equipamentos de agitação ou a adição de outros ingredientes à formulação. A pré-mistura ao pó de ingredientes desidratados, como açúcar, irá separar as partículas, reduzindo a formação de grânulos (Cash e Caputo, 2010).

1.2.4.3. Propriedades do gel

Derivados da celulose são interessantes compostos formadores de filmes, visto serem flexíveis, inodoros, insípidos, transparentes e biodegradáveis. Além disso, os custos de aplicação são baixos (Cash e Caputo, 2010).

1.2.5. Interações nos sistemas mistos polissacárido/polissacárido

Muitos produtos alimentares incluem na sua formulação mais de um hidrocolóide com o objectivo de obter a textura desejada, preservando a sua qualidade. Estas misturas abrem uma nova área de desenvolvimento de texturas quando os polissacáridos misturados têm propriedades superiores ao somatório das propriedades individuais. Estas combinações são vantajosas para certos polímeros que não gelificam, originando géis fortes. Esta vantagem designa-se por efeito sinérgico (sinergismo) (Morris, 1990;Leitão, 1995).

O kappa carragenato forma géis altamente sinérgicos com as galactomananas, como a goma de alfarroba, e com as glucomananas, como a goma konjac. Além de aumentar a força de gel, as gomas polimananas formam géis com uma textura mais elástica e com reduzida sinérese (Morris, 1990;Blakemore *et al.*, 2010).

Num estudo de Sousa *et al.* (1995) foi testada, em sumos de uva, a melhor associação de agentes gelificantes (goma de alfarroba, goma xantana, k-carragenato, goma guar, alginato, gelano, agar) com a finalidade de produzir geleias hipocalóricas com boas características organolépticas. Verificaram que a adição de goma de alfarroba (LBG) ao k-carragenato foi uma das mais interessantes associações do ponto de vista da dureza. Esta associação, na formulação de concentração 0,5 %, temperatura de 72,5 °C, com 23,7 % de açúcar, provocou um aumento da força do gel e uma redução da sinérese. Esta associação tem igualmente a vantagem de produzir géis com concentrações de goma mais baixas e com uma textura menos quebradiça.

A adição de um biopolímero (gelificante ou não) a uma solução de um biopolímero gelificante aumenta a taxa de gelificação e o nível de estruturação do gel. Como geralmente a gelificação corresponde à agregação das macromoléculas em duas etapas (primeiro a agregação das macromoléculas, seguida da agregação dos agregados primários), a

mobilidade e a exclusão de volume das macromoléculas diminui, aumentando por isso o volume livre, *i.é.* a fracção de volume do solvente. Comparativamente com a solução mista inicial, o meio disperso do gel é, por isso, um melhor solvente para os outros componentes (Tolstoguzov, 2003).

1.3. Revestimentos comestíveis em produtos alimentares

Os revestimentos comestíveis (RCs) são uma forma alternativa aos métodos de conservação tradicionais. Surgem, em grande parte, como resposta à procura pelo consumidor de produtos de elevada qualidade (Guilbert *et al.*, 1996). São utilizados em frutos e vegetais, e produtos derivados, de forma a aumentar o seu tempo de prateleira e melhorar a aparência destes produtos (Baldwin *et al.*, 1999;Falcão-Rodrigues *et al.*, 2007).

Os RCs são aplicados à superfície do alimento em finas camadas actuando como barreira aos factores externos de alteração (vapor de água, dióxido de carbono, oxigénio e outros solutos), protegendo o alimento (Guilbert *et al.*, 1996;Falcão-Rodrigues *et al.*, 2007;Hambleton *et al.*, 2009a; Hambleton *et al.*, 2009b).

Actualmente são muitas as referências à utilização de revestimentos comestíveis e estão relacionadas com o revestimento de frutos frescos ou secos, queijos, peixe, carnes e produtos de confeitaria.

1.3.1. Tipos de revestimentos comestíveis

Os biopolímeros naturais têm vindo a ganhar bastante importância na produção de filmes biodegradáveis e edíveis, devido à sua biocompatibilidade (Karbowiak, 2006;Hambleton *et al.*, 2009b;Alves *et al.*, 2010;Sousa *et al.*, 2011).

Os RCs mais utilizados são constituídos por hidrocolóides – polissacáridos ou proteínas – e/ou lípidos (ceras e ácidos gordos). Os primeiros constituem uma boa barreira contra o oxigénio e o dióxido de carbono e podem também ser uma boa barreira contra a água. Contudo esta barreira enfraquece à medida que a humidade relativa aumenta, devido à capacidade dos polissacáridos em absorver água (Tanada-Palmu e Grosso, 2005;Morais, 2008;Alves *et al.*, 2010).

Os RCs lipídicos, esses sim, constituem uma boa barreira contra a passagem de água, por serem hidrofóbicos. Todavia, os revestimentos constituídos exclusivamente por lípidos não têm integridade estrutural suficiente e por isso necessitam de ser combinados com hidrocolóides (Morais, 2008).

1.3.2. Revestimentos à base de hidrocolóides

Os polissacáridos que podem ser utilizados com sucesso para revestir frutos frescos cortados incluem os carragenatos e os alginatos (compostos obtidos de algas), derivados de celulose, tais como metilcelulose, carboximetilcelulose, pectinas, amido, goma-arábica e quitosano. De entre os compostos proteicos, pode utilizar-se proteína do soro do leite, gelatina, caseína, proteína de soja e glúten (Alves *et al.*, 2010).

Alves *et al.* (2010) estudaram a melhoria das propriedades de barreira contra o vapor de água e gases (CO₂ e O₂) numa matriz polimérica à base de pectina cítrica comercial e k-carragenato (66,7% k-carragenato, m/m), com inclusão de mica em flocos (*flakes*). Verificaram que a permeabilidade à água diminuiu cerca de 20 %, com teor de mica de 5 %, e houve uma diminuição significativa na permeabilidade a gases em filmes sem mica em flocos.

Falcão-Rodrigues *et al.* (2011) estudaram os resultados obtidos sobre a evolução das maçãs (*Golden Delicious*) preservadas por revestimentos comestíveis à base de alginato (2% (m/m) e gelatina 5% (m / m)), utilizando varrimento diferencial de calor (DSC) como ferramenta analítica, e a comparação destes com a evolução da textura, medida por métodos convencionais e análise de hidratos de carbono por HPLC. Verificaram que as metodologias testadas são eficazes para acompanhar a evolução das alterações pós-colheita. No entanto, a análise de DSC pode ser útil como um método mais rápido e eficiente, nomeadamente detectando alterações de forma mais precoce do que nas metodologias convencionais.

O uso de carragenatos em revestimentos já cobre vários sectores da indústria alimentar, tais como a sua aplicação em carnes e peixes para evitar a desidratação superficial (Karbowiak *et al.*, 2006; Hambleton *et al.*, 2009a)

Cash e Caputo (2010) sugerem que de entre os derivados de celulose os filmes de carboximetilcelulose são mais rígidos e mais frágeis que os outros derivados mas têm propriedades de barreira melhores contra o oxigénio.

Para além das propriedades de biodegradabilidade, edibilidade, biocompatibilidade e propriedades de barreira a gases e vapor de água, os filmes e os revestimentos podem ser usados como matrizes para a incorporação de agentes antimicrobianos, conservantes, plastificantes, agentes que reforçam a textura (ésteres de sacarose), nutracêuticos (vitaminas), aromas, pigmentos (Debeaufort, 1998; Morais, 2008; Pintado *et al.*, 2010).

Vários têm sido os agentes usados com este propósito, tais como: nisina, lisozima, ácidos orgânicos, natamicina, sorbato de potássio, ácido para-aminobenzóico, EDTA. A incorporação destes agentes antimicrobianos nos filmes ou revestimentos pode ser encarada como uma nova forma de aumentar a segurança alimentar dos alimentos assim revestidos por diminuição do risco de transmissão de agentes patogénicos, evitar alterações da superfície dos alimentos e aumentar a sua validade (Debeaufort, 1998; Pintado *et al.*, 2010).

Pintado *et al.* (2010) estudaram os efeitos inibitórios da incorporação de nisina, natamicina e ácido málico em filmes de isolados proteicos de soro (WPI-*whey protein concentrate*) com pH 3, de forma a desenvolver fluidos filmogénicos para controlar a presença de microrganismos patogénicos ou de alteração, naturalmente presentes na casca do queijo. Verificaram que a incorporação destes agentes antimicrobianos e conservantes nestes filmes causaram um efeito positivo contra microrganismos patogénicos

Beirão-da-Costa *et al.* (2011) estudaram a bioactividade do óleo essencial de orégão (EO) encapsulado em três matrizes diferentes (amido de arroz, microcápsulas de gelatina/sacarose e microcápsulas de inulina) através de *spray drying*. A matriz de gelatina/sacarose foi também seca por liofilização (*freeze drying*). Verificaram neste estudo que as três matrizes são viáveis para o encapsulamento do EO de orégão. As microcápsulas de gelatina/sacarose exibiram uma elevada actividade antioxidante e antimicrobiana, enquanto as microcápsulas de inulina e amido de arroz garantiram uma maior estabilidade.

CAPÍTULO 2. MATERIAIS E MÉTODOS




2.1. Materiais

2.1.1. Selecção e preparação da matéria-prima

2.1.1.1. Maçã

A selecção da variedade de maçã a ser utilizada foi estudada em ensaios preliminares (*Granny Smith*, *Reineta*, *Royal Gala*) e teve por base os parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de selecção da principal matéria-prima.

Variedades de Maçã		pH	°Brix	Aspecto visual da polpa triturada
<i>Granny Smith</i>		3,50	7	Cor viva, brilhante. Semelhante aos frutos frescos.
<i>Reineta</i>		3,52	9	Escurecimento enzimático
<i>Royal Gala</i>		4,48	8	Escurecimento enzimático

O principal parâmetro de selecção foi o pH. Com o objectivo de obter um produto mais natural possível, sem adição de reguladores de acidez (como o ácido cítrico, por exemplo) analisou-se qual das diferentes variedades de maçã tinha um pH compreendido entre 3 e 4, visto ser uma condição necessária para que ocorra a gelificação da pectina HM (Brejnholt, 2010). Outro parâmetro importante de escolha foi o aspecto visual da polpa triturada que deveria ser o menos oxidado possível.

Deste modo a variedade *Granny Smith* foi seleccionada para as receitas desenvolvidas no capítulo 3 por apresentar um pH ideal e um grau Brix mais baixo (contribuindo para um sabor menos doce), mas principalmente por ter um aspecto visual muito agradável próximo da cor natural da fruta, sem qualquer indício aparente de oxidação (cor castanha). A reineta

afigura-se uma das mais difíceis de processar, dado que apresenta rápidos e acentuados níveis de escurecimento (Gonçalves, 2007), tendo sido possível observar isso mesmo ao longo do ensaio.

2.1.1.2. Produção da polpa de maçã

Foram utilizados cerca de 4 kg de maçãs inteiras previamente lavadas, dos quais $\frac{1}{4}$ (1 kg) foram resíduos (cascas e caroços). As maçãs foram cortadas e colocadas num recipiente e imersas em água para a sua cozedura em lume máximo durante cerca de 20 minutos até apresentarem alguma transparência. Posteriormente os pedaços de maçã foram escorridos e triturados, com auxílio de uma varinha mágica, até ter sido obtida uma pasta homogénea sem qualquer vestígio de grânulos – polpa de fruta.

De modo a conhecer exactamente a quantidade mínima necessária de agente gelificante para que ocorra o processo de gelificação, foram retiradas as cascas e os caroços das maçãs, onde se concentra a grande maioria de pectina.

2.1.1.3. Sumo de Limão

No capítulo 4 foram produzidos FFM à base de sumo de limão. O sumo de limão teve como objectivo fornecer uma certa acidez aos FFM, tornando-os mais frescos mas, mais importante ainda, torná-los o mais transparente possível (Figura 8). Para além destes dois objectivos, o limão é nutricionalmente uma boa fonte de vitamina C.

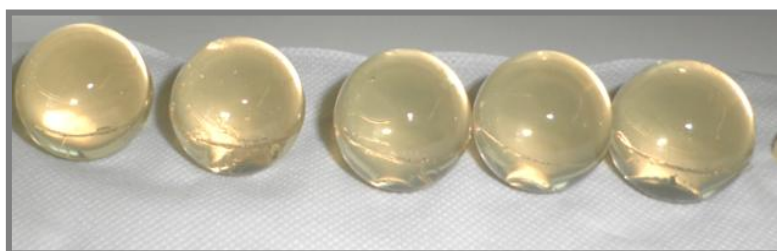


Figura 8. *Fresh Fruit Marble* transparentes sem adição do elemento decorativo.

Foi seleccionado o sumo de limão por ser praticamente transparente e aquando da adição do hidrocolóide, se obtivesse um FFM transparente. Para evidenciar essa transparência foram colocados, no meio dos FFM, de forma aleatória, folhas de hortelã-pimenta e tiras de casca de limão, de forma a inovar o aspecto visual dos FFM.

A obtenção do sumo de limão foi através do método tradicional, sendo o sumo posteriormente filtrado.

Se pouca acidez interfere no processo da gelificação de um hidrocolóide, uma excessiva acidez também provoca certas desvantagens. Para evitar esta situação utilizou-se um ingrediente de pH alcalino – bicarbonato de sódio (Globo, Portugal) - de modo a equilibrar o pH do sumo de limão. Foi utilizado numa concentração de 0,5 % (m/m).

2.1.2. Selecção de agentes gelificantes

A selecção do espessante teve por base ensaios preliminares realizados com uma vasta gama de hidrocolóides (goma xantana, alginato de sódio, pectina de alto metóxilo, pectina

de baixo metóxilo, pectina de alto metóxilo/goma xantana, kappa carragenato, carboximetilcelulose, goma alfarroba, agar), utilizando concentrações entre 1 a 4 % (m/m).

Ao fim de inúmeros ensaios foram seleccionados os seguintes hidrocolóides:

- Pectina cítrica de alto metóxilo - *UnipectineTM RS 150 citrus* (E440i) (Cargill, Portugal). Tem um grau de esterificação (DE) compreendido entre 70 – 74 %;
- Iota carragenato (E407) (Sole Gaells, França). Contém na sua composição cloreto de sódio (NaCl);
- Carboximetilcelulose (E466) – Cekol 4000 (CP Kelco, Finlândia);
- Goma alfarroba (E410) - Genu® Gum type RL-200 (CP Kelco, Finlândia).

A concentração utilizada de cada agente gelificante será mencionada posteriormente no capítulo 3 e 4.

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização química

2.2.1.1. Determinação da humidade

Segundo o método 925.49 da *Official Methods of Analysis* (AOAC, 1990) realizou-se, inicialmente, a preparação da amostra. A humidade foi determinada pelo método gravimétrico segundo o método 925.45 B da *Official Methods of Analysis* (AOAC, 1990), com secagem à pressão atmosférica a 100°C. Foram realizadas sucessivas pesagens, com intervalos de uma hora, até que a diferença de peso entre duas pesagens consecutivas fosse ≤ 2 mg. Os resultados foram expressos em percentagem. Foram realizadas 5 réplicas por amostra.

2.2.1.2. Determinação da actividade da água

Segundo o método 925.49 da *Official Methods of Analysis* (AOAC, 1990) realizou-se, inicialmente, a preparação da amostra. A actividade da água (a_w) foi determinada através de sensores *Eclo Hygrochron* ref.19230 (Eclo, USA) com registo de temperatura e humidade a cada 2 minutos (Figura 9). A amostra foi colocada em placas de Petri seladas com Parafilm durante um período não inferior a 8 horas, num ambiente com temperatura controlada entre 20 e 22 °C. O valor de a_w foi calculado a partir da média dos valores obtidos após estabilização da humidade relativa a 20°C. Os resultados foram analisados através do software *Eclo Express Thermo2007 Basic*. Foram analisadas 5 réplicas por amostra.



Figura 9. Determinação do a_w (A). Registador de temperatura e humidade (B).

2.2.1.3. Determinação do pH

A determinação do pH foi efectuada directamente em cada amostra, através de um eléctrodo de penetração à temperatura ambiente (20 - 25 °C). Foi utilizado um potenciómetro de marca Metrohm modelo 691 (Suíça), com precisão $\pm 0,01$ (escala Sorensen). Foram efectuadas 5 réplicas para cada amostra.

2.2.1.4. Determinação do grau Brix

Segundo o método 925.49 da *Official Methods of Analysis* (AOAC, 1990) realizou-se, inicialmente, a preparação da amostra. O teor em sólidos solúveis totais ou grau Brix foi determinado utilizando um refractómetro de bancada Mod. RFM-330 (Bellingham & Stanley, Inglaterra) e um banho com controlo de temperatura (*Haake Refrigerated Bath Circulator Mod. G*, EUA) (Figura 10), com escala de medição 0 - 95 %. O equipamento foi previamente calibrado com água destilada millipore (0 °Brix) e com uma solução aquosa a 70 °Brix (70 g de sacarose e 30 g de água destilada). As medições foram realizadas a 20 °C. Foram realizadas 5 réplicas por amostra.

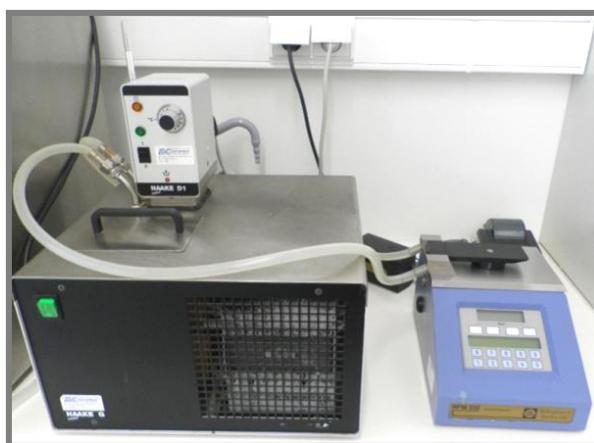


Figura 10. Refractómetro de bancada.

2.2.2. Caracterização física

2.2.2.1. Análise à Cor

A determinação da cor foi realizada a partir do Colorímetro Minolta CR-300® (Minolta, Japão), em função da reflectância e com apresentação dos resultados de acordo com o sistema CIEL*a*b*, onde L^* corresponde à luminosidade que varia entre 0 (preto) e 100 (branco), a^* corresponde à tonalidade verde/vermelho que varia entre - 60 (verde) e + 60 (vermelho) e b^* corresponde à tonalidade azul/amarelo que varia entre - 60 (azul) e + 60 (amarelo) (Minolta, 1991). O equipamento foi previamente calibrado com um padrão branco Minolta ($Y = 92.7$, $x = 0.3134$, $y = 0.3195$). O resultado foi lido directamente no visor do aparelho e foram realizadas 5 réplicas por amostra.

Na Figura 11 está representado esquematicamente, o modelo CIELAB. No gráfico as coordenadas x, y e z correspondem a L^* , a^* e b^* . As componentes a^* e b^* correspondem respectivamente ao eixo dos xx e ao eixo dos yy e a componente L^* corresponde ao eixo dos zz, sendo o ponto central cinzento.

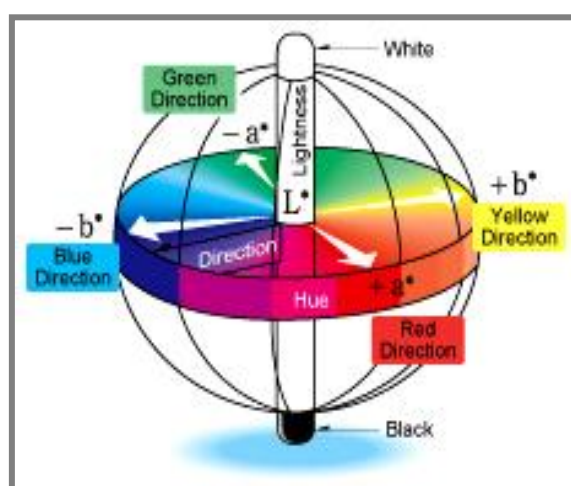


Figura 11. Representação esquemática do modelo CIELAB (Nippon Denshoku, 2007).

2.2.2.2. Análise à Textura

Para as análises reológicas foi utilizado o texturómetro *Texture Analyser Model TAHDi®* (Stable Micro Systems, Godalming, UK), com uma célula de carga de 25kg - *Interchangeable Low Force Load Cells Model LC/25*. Este está ligado a um computador e é controlado pelo programa informático *Texture Expert* versão 1.20. O modo utilizado foi *Measure Force in Compression*. Foram efectuados testes de um só ciclo (*Return to start*), em compressão, em corte e penetração, onde foram realizadas 5 ou 10 réplicas por amostra consoante o teste efectuado, os quais são descritos seguidamente.

A análise instrumental de textura é um tipo de teste muito interessante quando se pretende avaliar diferenças de textura sem recorrer ao painel de provadores (Sousa, 2001).

2.2.2.2.1. Teste de penetração

O teste foi realizado com uma sonda cilíndrica de 2 mm de diâmetro (\varnothing *stainless steel*), à temperatura de 25 ± 2 °C. A velocidade de teste foi $1,00 \text{ mm.s}^{-1}$, a uma profundidade de penetração da sonda de 10mm. Foram assim obtidos os gráficos força vs tempo (10 réplicas por amostra), onde se calcularam os parâmetros dureza (N), que é o valor máximo da força no texturograma.

2.2.2.2.2. Teste de corte

O teste de corte foi realizado com uma lâmina (*craft knife adapter & Blades A/CKB*), à temperatura de 25 ± 2 °C. A velocidade de teste foi $1,00 \text{ mm.s}^{-1}$, a uma profundidade de penetração da sonda de 10 mm. Foram assim obtidos os gráficos força vs tempo (5 réplicas por amostra), onde se calcularam os parâmetros dureza (N), que é o valor máximo da força no texturograma.

2.2.2.2.3. Teste de compressão

O teste foi realizado com uma sonda cilíndrica de alumínio de 75 mm de diâmetro (*compression platens \varnothing aluminium*), à temperatura de 25 ± 2 °C. A velocidade de teste foi $1,00 \text{ mm.s}^{-1}$, a uma profundidade de deslocação da sonda de 15 mm. Foram assim obtidos os gráficos força vs tempo (5 réplicas por amostra), onde se calcularam os parâmetros dureza (N), que é o valor máximo da força no texturograma.

A Dureza corresponde à força máxima medida num ciclo e representa a máxima resistência oferecida pelo material à penetração da sonda nas condições utilizadas (Bourne, 2002). Segundo Smewing (1999) no caso de sistemas gelificados, esta força máxima está relacionada com a força do gel, ou seja com a força requerida para a ruptura.

2.2.3. Caracterização microbiológica

2.2.3.1. Contagem de bolores e leveduras

Na determinação da contagem de bolores e leveduras das amostras foi realizado o método segundo a Norma Portuguesa 3277-1 (1987). Esta determinação foi realizada somente no capítulo 3, ou seja nos FFM à base de maçã. Para esta análise foram realizadas duas réplicas por cada tipo amostra.

O diluente utilizado foi a solução de Triptona-sal com Tween, contendo segundo a norma: Triptona (Oxoid, Inglaterra), cloreto de sódio (Panreac Química, Espanha), Tween®80 for synthesis (Panreac Sintesis, Espanha) e água destilada.

O meio de cultura utilizado foi o Cooke Rose Bengal comercial (*Rose-Bengal chloramphenicol*) (Oxoid, Inglaterra).

Foi adicionado na preparação do meio de cultura um suplemento selectivo de microrganismos designado por *Culture Media Supplements - Chloramphenicol supplement* (Oxoid, Inglaterra).

Foi utilizado o método de espalhamento à superfície com auxílio de um semeador. Após a sementeira, as amostras foram incubadas numa estufa a 25 ± 1 °C durante 120 ± 2 h. A contagem foi efectuada com o auxílio de um contador de colónias (*Stuart scientific colony counter*, U.K.).

2.3. Análise Estatística

Todos os tratamentos de resultados e gráficos foram elaborados pelo *software Microsoft Office Excel 2007* (Microsoft Corporation, 2002) e pelo *software Statistica 6.0*.

Foi utilizada a estatística descritiva, através da determinação da média, desvio padrão, e intervalo de confiança da média a 95% por amostra.

Para avaliar a existência de diferenças significativas entre os valores médios obtidos para um determinado parâmetro, foi efectuado o teste de comparação de médias ANOVA *post hoc comparisons Scheffé contrasts*.

CAPÍTULO 3. DESENVOLVIMENTO DA RECEITA DE *FRESH FRUIT MARBLES* (FFM) À BASE DE MAÇÃ

3.1. Formulação dos FFM

Foram desenvolvidas duas receitas de *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã. Numa primeira receita foi utilizado como hidrocolóide a pectina de alto metóxilo (HM) a uma concentração de 1,5 % (m/m). Numa segunda receita foi utilizada uma mistura de hidrocolóides - goma de alfarroba e iota carragenato. As concentrações utilizadas em ambas foram de 1,5 %/1,5 % (m/m). Foi utilizado, em ambas as receitas, açúcar (sacarose) numa percentagem de aproximadamente 50 % (m/m).

Foram utilizados nos *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã revestimentos de sacarose (*quantum satis* - qs), de azeite (qs) e de um filme comestível (qs) à base de um hidrocolóide – pectina de alto metóxilo a uma concentração de 3 % (m/m).

3.2. Desenho experimental - Preparação dos FFM

A produção dos gelificados de fruta foi realizada na planta piloto da ESAB (Escola Superior Agrária de Beja). No fluxograma de fabrico na Figura 12 foram representadas as principais etapas da produção de *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã.

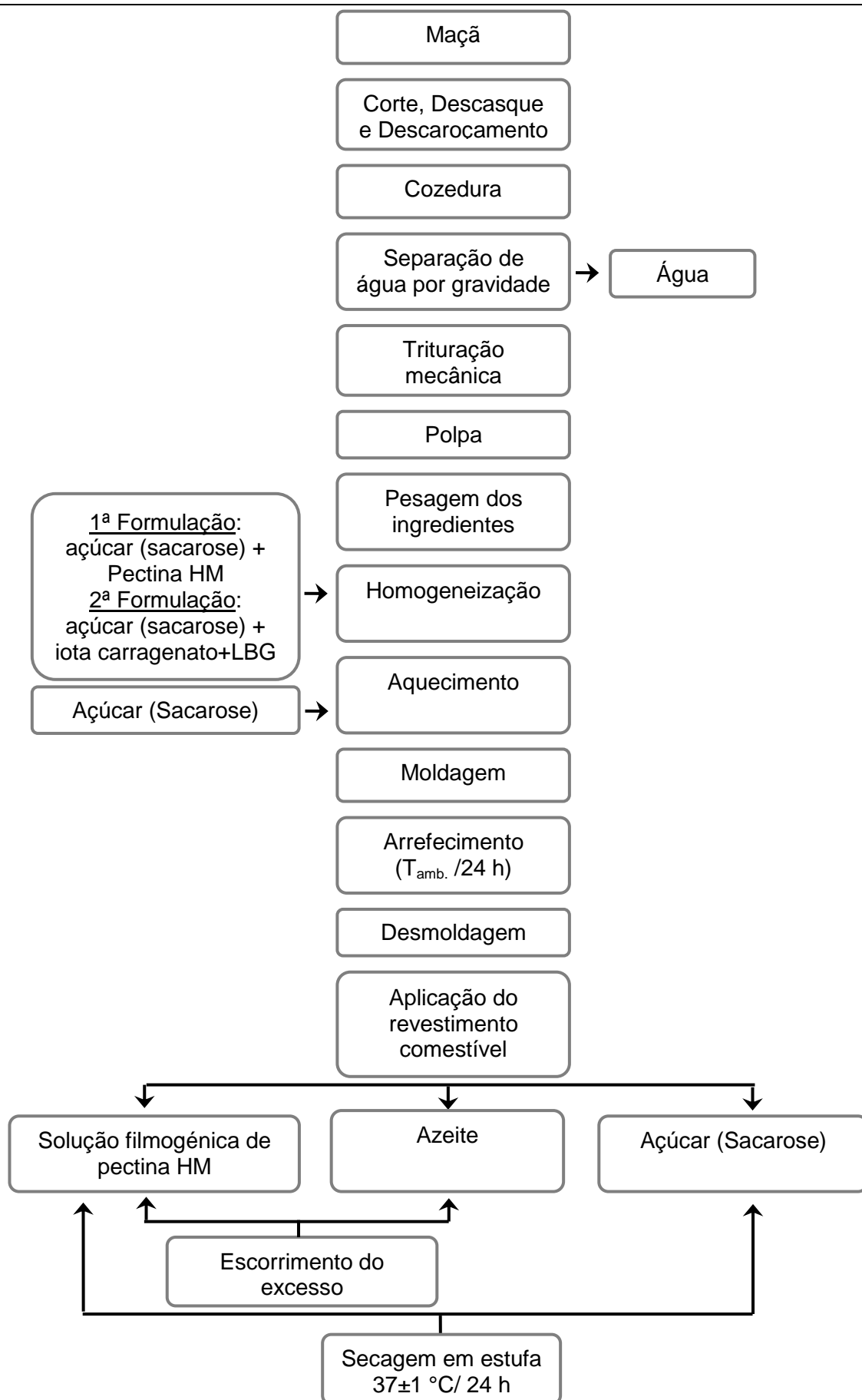


Figura 12. Fluxograma da produção de FFM à base de maçã.

As quantidades utilizadas de cada ingrediente (em percentagem) estão indicadas na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidades dos ingredientes utilizados para as receitas de *Fresh Fruit Marbles*.

Amostra	Ingredientes					Total
	Polpa	Açúcar	Pectina HM	Goma de alfarroba	Iota carragenato	
FFM Pectina HM	50	48,5	1,5	—	—	100
FFM LBG/iota carragenato	50	47	—	1,5	1,5	100

A produção dos *Fresh Fruit Marbles* foi iniciada com a selecção da fruta e a preparação da polpa desta. O desenvolvimento destas etapas do processo já foi descrito em secções anteriores (2.1.1.1. Maçã e 2.1.1.2. Produção da polpa de maçã). Em seguida procedeu-se à pesagem de todos ingredientes, seguida do aquecimento, numa trempe alimentada a gás propano, de ambos os ensaios até ter sido atingida temperaturas máximas diferentes para cada ensaio, sob agitação manual constante. Na primeira receita, com pectina de alto metóxilo no gel, de forma a obter a gelificação foi necessário aquecer a pasta até 105 ± 1 °C. Na segunda receita com mistura de hidrocolóides foram utilizadas temperaturas que rondaram os 85 ± 1 °C.

Segundo a literatura (Brejnholt, 2010) é necessário misturar uma quantidade razoável de um ingrediente desidratante, neste caso o açúcar (sacarose), com os hidrocolóides antes de os colocar directamente na polpa, de modo a evitar a formação de grânulos que dificultará o mecanismo de gelificação. O restante açúcar foi adicionado aos 50 ± 1 °C, progressivamente, de modo a que a temperatura da pasta não diminuísse.

A agitação e o controlo da temperatura constantes são cuidados muito importantes a ter em consideração devido a possíveis caramelizações que podem afectar a coloração da pasta e o seu *flavour*.

Quando se atingiu a temperatura pretendida a pasta foi colocada dentro de sacos de pasteleiro, de plástico LDPE, resistentes a altas temperaturas e, posteriormente, depositada nos orifícios do molde, o mais rapidamente possível.

De modo a obter o formato redondo dos FFM foram utilizados moldes (Figura 13) específicos de confeitaria, constituídos por duas partes que aderiam uma à outra através de encaixe magnético.

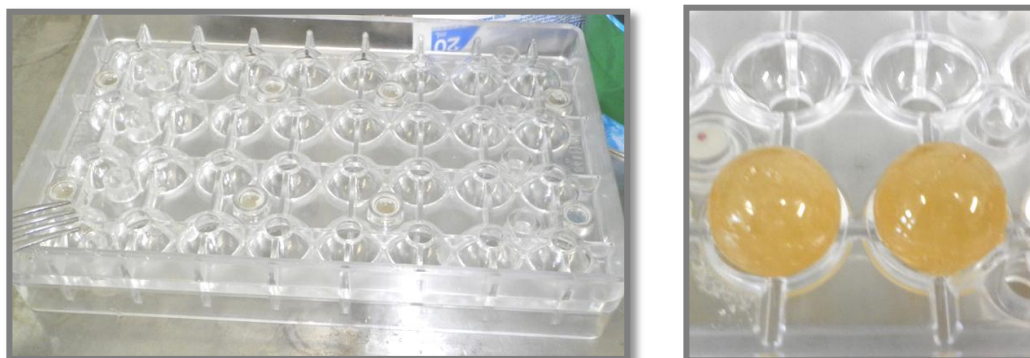


Figura 13. Molde.

Os moldes foram preenchidos e deixados em repouso durante 24h até a pasta arrefecer completamente e formar um gel forte. Ao fim desse tempo, foram desmoldados os *Fresh Fruit Marbles* de forma esférica (Figura 13).

Para manter as qualidades organolépticas e reológicas dos FFM, foram testados três revestimentos. Os FFM foram envolvidos com revestimentos comestíveis de sacarose, de solução filmogénica de pectina de alto metóxilo a 2 % (m/m) (Figura 14) e de azeite.

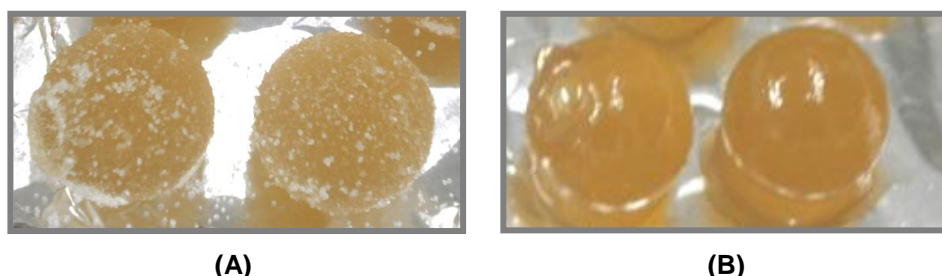


Figura 14. *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã revestidos com sacarose **(A)** e com filme de pectina de alto metóxilo **(B)**.

Quanto ao revestimento com sacarose, os FFM envoltos em açúcar foram dispostos num tabuleiro de alumínio que foi levado para uma estufa a 37 °C, durante 24 h. Após este período, os FFM foram revirados de modo a que a sacarose formasse uma camada seca e bem aderente.

O método de aplicação da cobertura de azeite foi a imersão, individualmente, dos FFM. Estes ficaram alguns instantes a escoar sobre uma grelha de alumínio para obtenção de uma camada fina e regular.

O filme de revestimento foi o processo que envolveu mais cuidados. Os ingredientes e respectivas quantidades-base (em gramas) estão representados na Tabela 4. A composição utilizada teve por base um estudo desenvolvido por Alves *et al.* (2010).

Tabela 4. Composição do filme de revestimento e respectivas quantidades.

	Água Destilada	Açúcar	Pectina HM
Filme de revestimento	30	5	3 % (m/m)

O método utilizado para o revestir os FFM foi o método da imersão. Na preparação da formulação da solução filmogénica de pectina de alto metóxilo foi necessário proceder a uma pré-mistura do hidrocolóide com um ingrediente desidratante, neste caso o açúcar, de modo a que não ocorresse a formação de grânulos, que dificultariam a gelificação do filme (Cash e Caputo, 2010; Brejnholt, 2010; Blakemore *et al.*, 2010).

A solução filmogénica foi preparada numa placa de aquecimento sob agitação e controlo da temperatura constantes. A solução foi posteriormente retirada da placa quando atingiu 60 °C. Por fim os FFM foram imersos nesta solução e foram colocados numa rede de modo a evitar excessos. Por último foram depositados sobre um tabuleiro de alumínio numa estufa a 37 °C durante 24 h

3.3. Resultados e discussão

3.3.1. Utilização de vários hidrocolóides nos Fresh Fruit Marbles e de vários revestimentos comestíveis

As médias, desvios-padrão e resultados da análise de variância obtidos na caracterização física, química e microbiológica das amostras de FFM à base de maçã, encontram-se na Tabela A 1, em Anexo.

Na Tabela 5 está a informação que permite ler os códigos usados nos gráficos seguintes onde se apresentam os resultados.

Tabela 5. Descodificação dos códigos, referentes às amostras, usados nos gráficos onde se apresentam os resultados.

Amostras	
	Descodificação
1HAz	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com azeite virgem extra
1HAc	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com sacarose
1HF	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com solução filmogénica de pectina HM.
2HAz	FFM com dois hidrocolóide na composição – iota carragenato/goma alfarroba - e revestimento com azeite virgem extra
2HAc	FFM com dois hidrocolóide na composição – iota carragenato/goma alfarroba - e revestimento com sacarose.
2HF	FFM com dois hidrocolóide na composição – iota carragenato/goma alfarroba - e revestimento com solução filmogénica de pectina HM.

Os FFM à base de maçã tinham um peso médio compreendido entre 9 e 11 g e um diâmetro médio de 2,2 cm.

3.3.1.1. Determinação da humidade

No gráfico da Figura 15 pode ver-se que os resultados referentes à humidade variam significativamente ($P < 0,05$) com o tipo de hidrocolóide (1H – Pectina HM e 2H – Iota carragenato/Goma alfarroba) para os resultados com revestimento com azeite virgem extra e solução filmogénica de pectina HM, mas a humidade não foi significativamente diferente, para os diferentes hidrocolóides, quando o revestimento foi o açúcar. Neste caso, apresenta o seu valor mais baixo. Pode-se assim dizer que o revestimento de açúcar baixou significativamente a humidade nos FFM independentemente dos hidrocolóides utilizados na sua composição.

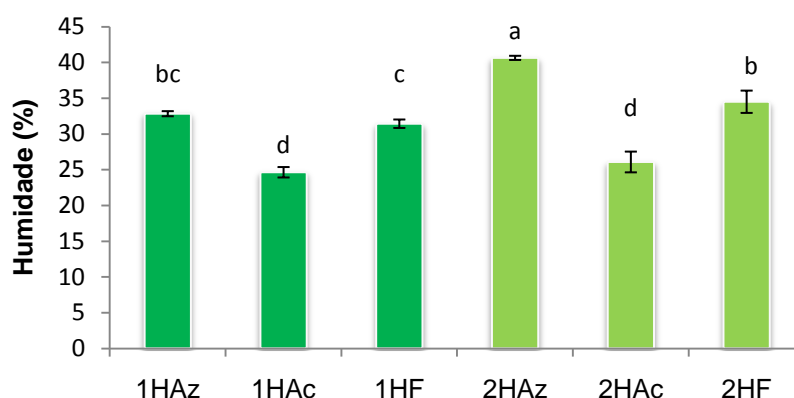


Figura 15. Valores de humidade. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).

3.3.1.2. Determinação da actividade da água

Resultados similares aos da humidade, foram obtidos para a actividade da água (a_w) (Figura 16) donde podemos afirmar que o açúcar foi o revestimento que absorveu maior quantidade de água do gel, que por sua vez evaporou deste açúcar ficando o material – gel+ revestimento – com menos humidade e a_w mais baixo. Este acontecimento tem vantagens no que toca ao aumento do tempo de vida útil do produto.

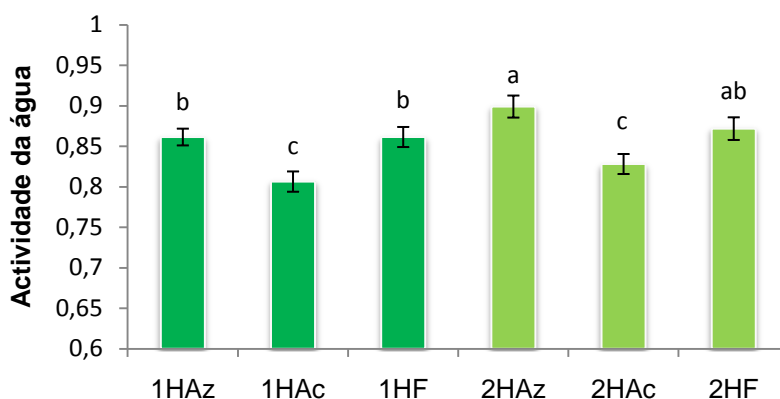


Figura 16. Valores de a_w . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (**Az**), açúcar (**Ac**) e filme (**F**).

Verifica-se que os FFM com mistura de hidrocolóides apresentam um valor de humidade e a_w ligeiramente superior aos FFM com Pectina HM. Este resultado deve-se ao facto de haver uma diferença na capacidade de retenção de água de cada um dos hidrocolóides o que por sua vez vai determinar a quantidade de água presente na amostra.

3.3.1.3. Determinação do pH

Como seria de esperar o valor de pH (Figura 17) não varia significativamente com o revestimento nem com o hidrocolóide utilizado e é função do pH da polpa da fruta cujo valor antes de gelificar era de $3,25 \pm 0,25$.

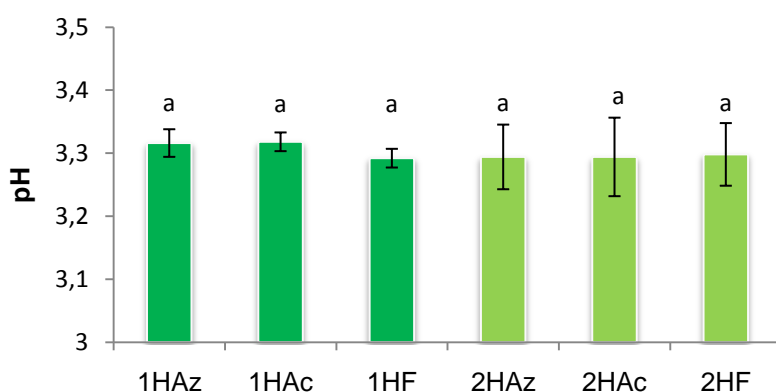


Figura 17. Valores de pH. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (**Az**), açúcar (**Ac**) e filme (**F**).

3.3.1.4. Determinação do grau Brix

Na Figura 18 onde estão representados os resultados referentes ao teor de sólidos solúveis totais (SST) podemos verificar que há diferenças significativas consoante o tipo de hidrocolóide ($P < 0,05$) para os resultados com revestimento com solução filmogénica de pectina de alto metóxilo, contudo a variação é inferior a 7 %. Para os resultados com revestimento com sacarose e para os resultados com revestimento com azeite não há diferenças significativas, com o tipo de hidrocolóide.

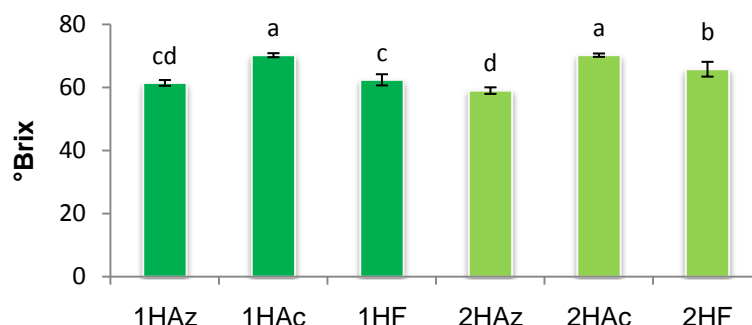


Figura 18. Valores do grau Brix. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).

O resultado que apresenta maior teor de SST, como seria de esperar, é a amostra com revestimento com sacarose (Ac); cerca de 10 % superior em SST. Podemos então dizer que o revestimento com sacarose foi o responsável pelo aumento dos SST.

3.3.1.5. Determinação da Cor

No gráfico da Figura 19 é possível observar-se que os resultados referentes à Luminosidade (L^*) variam significativamente segundo o tipo de hidrocolóide utilizado ($P < 0,05$).

A luminosidade com valores ligeiramente mais altos no caso dos resultados com dois hidrocolóides (2H) indica uma cor mais luminosa, ao contrário do que acontece com os resultados com um hidrocolóide que apresentam uma cor mais escura. Esta situação deve-se à utilização de uma temperatura superior para a produção dos FFM com Pectina HM que leva a caramelizações dos açúcares que escurecem o gel.

No caso do revestimento com sacarose, os FFM ficam mais brancos (Figura 22 à Figura 24) e por isso têm valores de luminosidade mais altos.

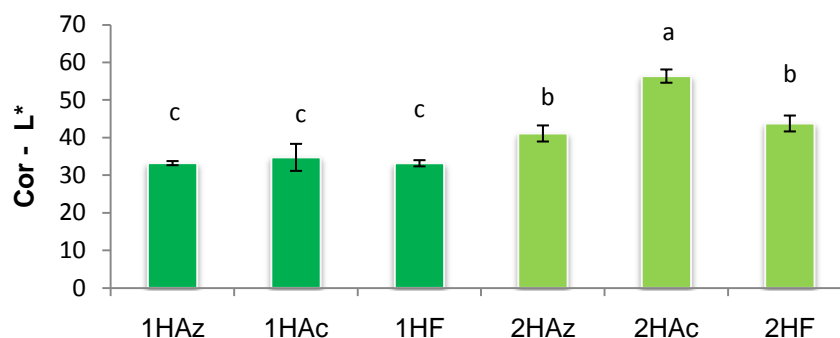


Figura 19. Valores da cor - L*. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (**Az**), açúcar (**Ac**) e filme (**F**).

De uma forma geral, todos os resultados relativos aos valores de a^* (-60 verde a +60 vermelho) (Figura 20) variam significativamente com o tipo de hidrocolóide e com o tipo de revestimento ($P < 0,05$). Como se pode ver nas Figura 22 à Figura 24 os FFM com um hidrocolóide (1H) são menos verdes que os que têm dois hidrocolóides (2H).

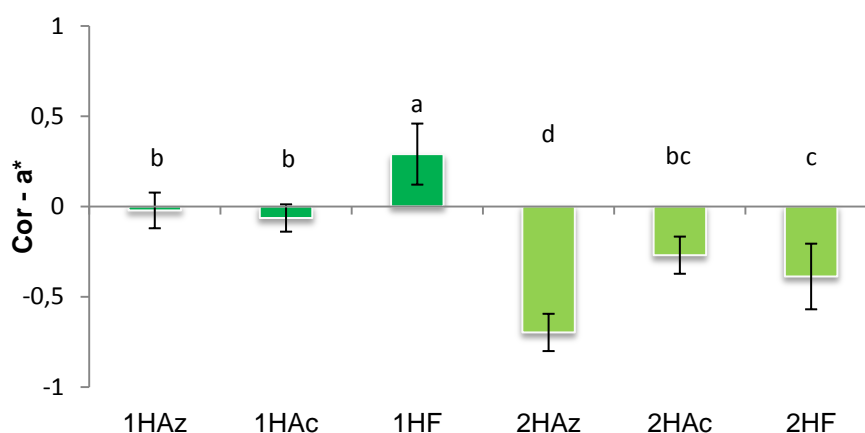


Figura 20. Valores da cor - a^* . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (**Az**), açúcar (**Ac**) e filme (**F**).

O resultado com filme de Pectina HM com um hidrocolóide presente no gel (1HF) apresenta um valor superior em relação ao outro resultado com filme de Pectina HM com dois hidrocolóides presentes no gel (2HF), o que nos indica que está mais próximo da coloração vermelha. Este resultado deve-se à utilização de temperaturas mais elevadas para conseguir a gelificação dos FFM com Pectina HM no gel em relação às temperaturas

utilizadas no fabrico dos FFM com iota carragenato/goma alfarroba no gel, como dito anteriormente.

Em relação aos resultados respeitantes aos valores de b^* (Figura 21), pode-se verificar de uma forma geral que não há diferenças significativas no que toca ao tipo de hidrocolóide utilizado e ao tipo de revestimento. Todas as amostras na totalidade parecem ter tendência a apresentar tonalidade amarela, que é dada por valores positivos do parâmetro b^* que vai de - 60 (azul) a +60 (amarelo).

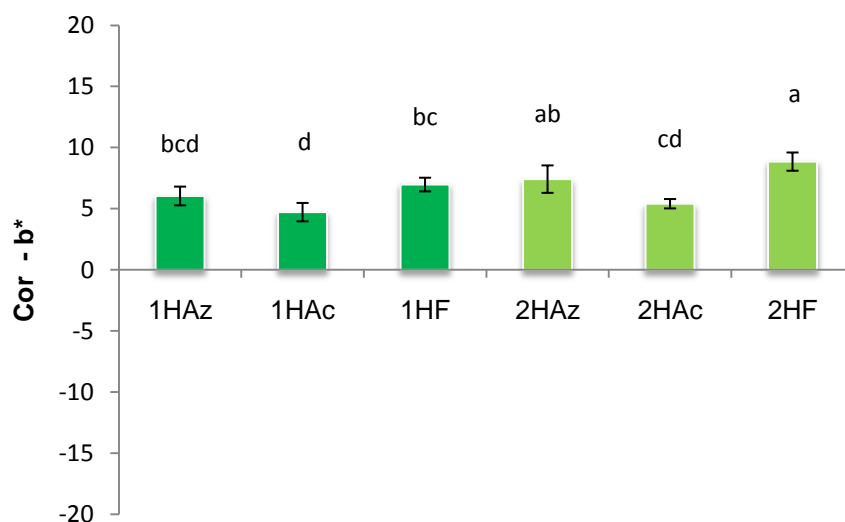


Figura 21. Valores da cor - b^* . FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲).
Revestimento – azeite (**Az**), açúcar (**Ac**) e filme (**F**).

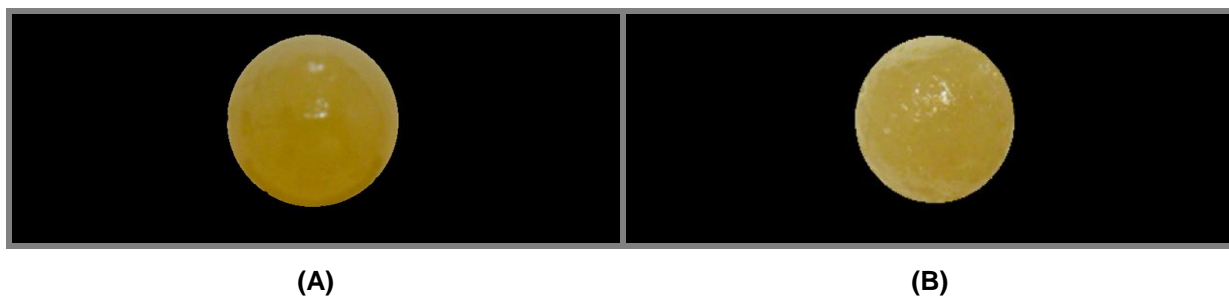


Figura 22. Imagens dos FFM revestidos com azeite. **(A)** FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; **(B)** FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.

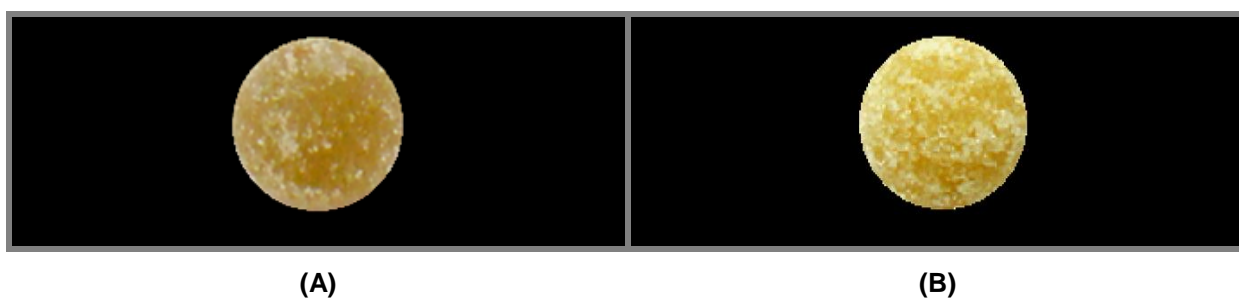


Figura 23. Imagens dos FFM revestidos com açúcar. **(A)** FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; **(B)** FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.

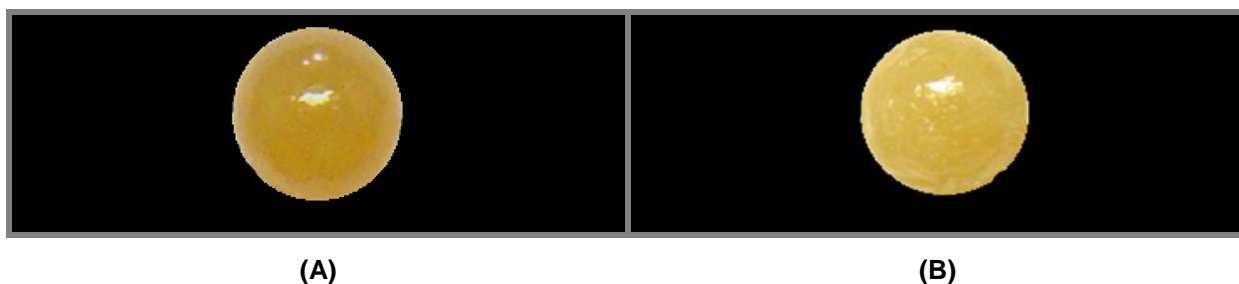


Figura 24. Imagens dos FFM revestidos com filme de Pectina HM. **(A)** FFM com um hidrocolóide – Pectina alto metóxilo; **(B)** FFM com dois hidrocolóides – Goma alfarroba/lota carragenato.

3.3.1.6. Determinação da Dureza

Resultados concordantes pelos diferentes métodos relativamente à dureza são demonstrados na Figura 25. As quatro primeiras amostras não apresentam diferenças significativas, na generalidade, verificando-se uma tendência para uma dureza ligeiramente maior, correspondente a todos os métodos para o caso da amostra 1HAc, devido ao revestimento com açúcar que ao desidratar torna a amostra mais dura o que se confirma no caso da amostra 2HAc com mistura de hidrocolóides, onde este efeito é mais dramático.

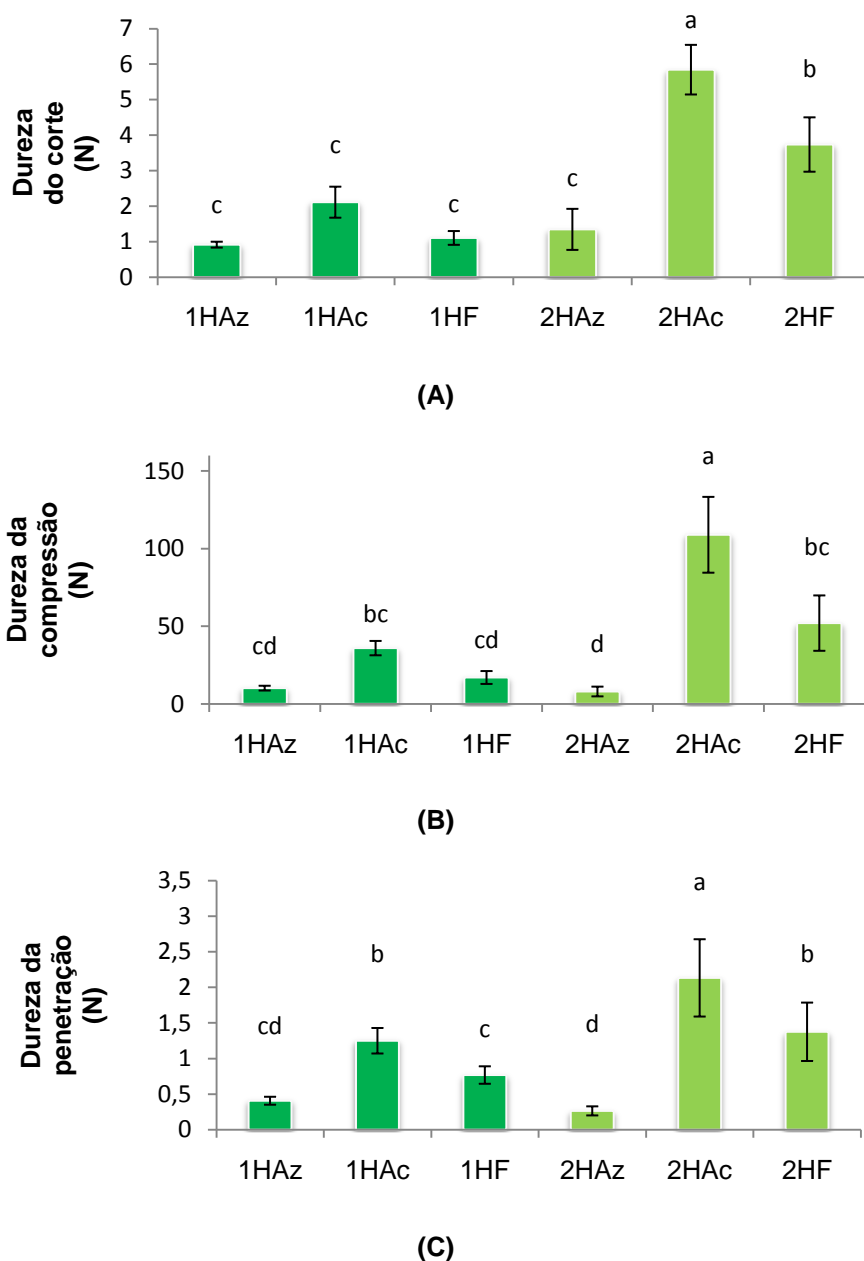


Figura 25. Valores da dureza realizados por diferentes testes – corte **(A)**, compressão **(B)** e penetração **(C)**. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite **(Az)**, açúcar **(Ac)** e filme **(F)**.

Estes resultados foram obtidos a partir dos gráficos de perfil de textura médio, apresentados na Figura 26, onde se pode verificar que as amostras que apresentam maior valor máximo no 2º pico (dureza), são aquelas que têm revestimento com açúcar, seguindo-se o revestimento com filme e por fim o revestimento com azeite.

Ao observar os resultados da Figura 25 podemos verificar que em todos os testes, os resultados referentes às amostras com iota carragenato na sua constituição, apresentam valores mais elevados da força máxima. Pode-se afirmar que o facto de ser um gel mais elástico fez com que o material resistisse mais à progressão da sonda. Estes resultados estão de acordo com a literatura (Stanley, 1990; Sousa *et al.*, 1995; Karbowiak *et al.*, 2006; Hambleton *et al.*, 2009; Blakemore, 2010) onde se comprova que os gelificados com iota carragenato têm uma textura mais emborrachada, i.é., mais elástica.

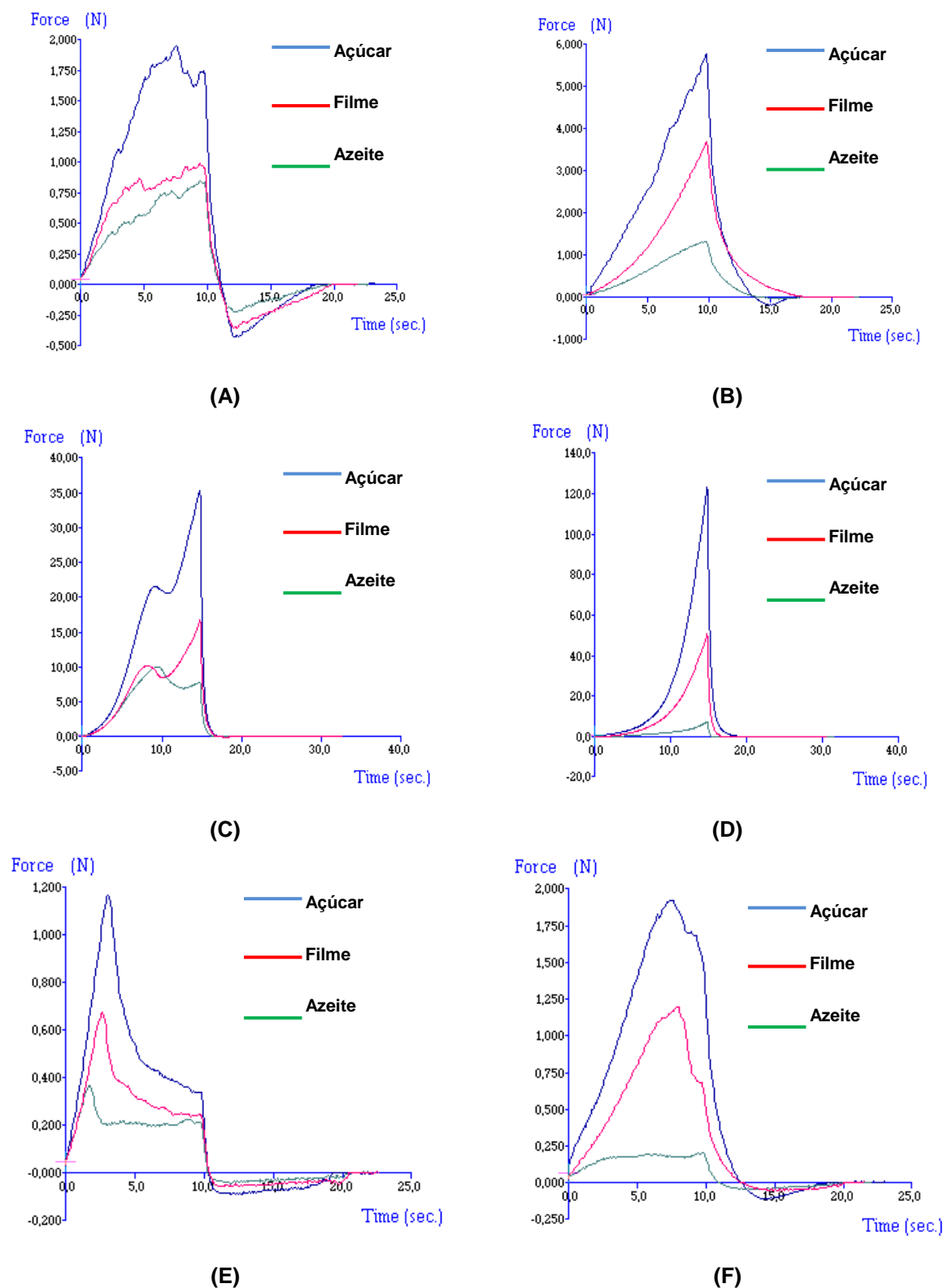


Figura 26. Gráficos de perfil de textura médio do teste de corte (A, B), compressão (C, D) e Penetração (E, F). FFM com um hidrocolóide (A, C e E); com dois hidrocolóides (B, D e F).

3.3.1.7. Determinação de Bolores e leveduras

Resultados relativos aos valores referentes à contagem de bolores e leveduras estão representados na Figura 27.

Podemos verificar, duma forma geral, que os valores não variam significativamente no que toca ao tipo de hidrocolóide ($P < 0,05$), mas variam significativamente consoante o tipo de revestimento. Verifica-se que os revestimentos com filme são aqueles que apresentam valores superiores de bolores e leveduras, seguindo-se os revestimentos de azeite e por último o revestimento com açúcar, sendo a amostra 2HF a que apresenta um valor acentuado de bolores e leveduras.

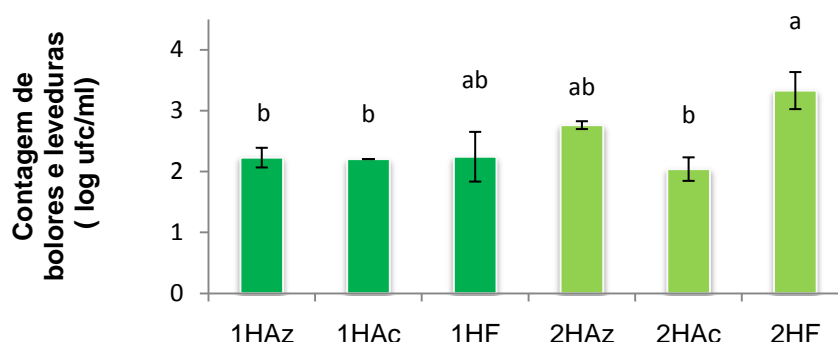


Figura 27. Valores da contagem de bolores e leveduras. FFM com um hidrocolóide (●); FF com dois hidrocolóides (▲). Revestimento – azeite (Az), açúcar (Ac) e filme (F).

Na Figura 28 estão representadas imagens das FFM com revestimento com azeite onde se observa bolores aparentes. Estas imagens foram tiradas ao fim de 3 semanas depois de terem sido embaladas. Para além do aspecto visual apresentavam cheiro a bolor.

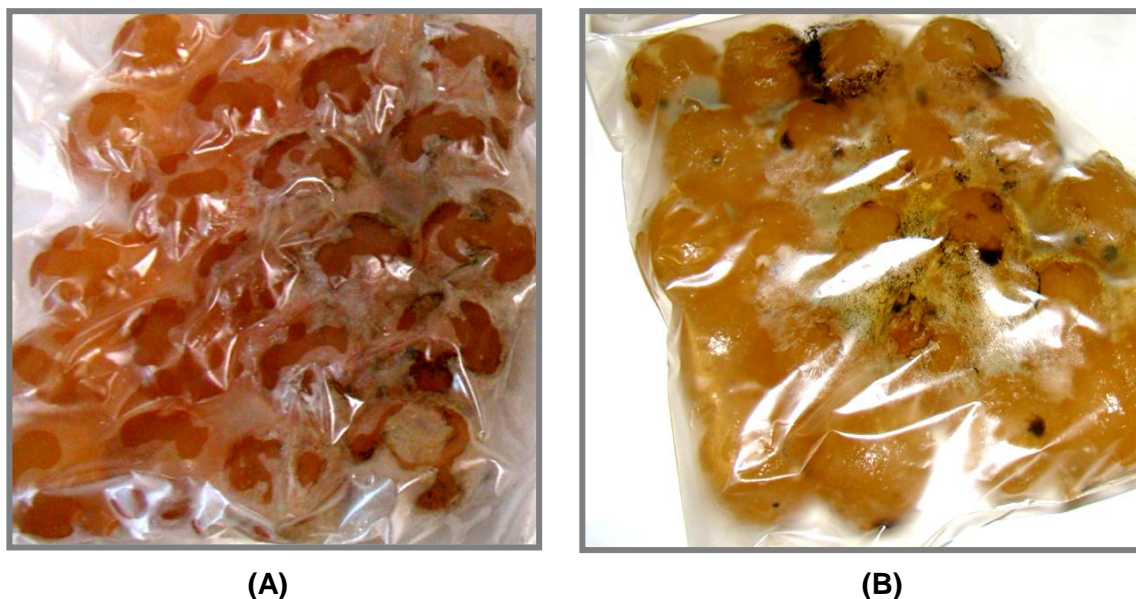


Figura 28. Resultados visuais dos FFM revestidos de azeite, em embalagens de plástico, ao fim de 3 semanas. FFM com um hidrocolóide **(A)**. FFM com mistura de hidrocolóides **(B)**.

Esperava-se que os primeiros FFM a apresentarem bolores aparentes fossem os FFM revestidos com o filme de Pectina HM, pelos valores altos de contagem de bolores e leveduras. No entanto foram os FFM revestidos com azeite que evidenciaram a presença visível de bolores.

O revestimento de azeite poderá ter tornado o meio mais propício à proliferação de bolores. Uma possível solução para este problema seria a incorporação de agentes antimicrobianos e antioxidantes na matriz do filme utilizado para o revestimento, como evidenciado na literatura (Pintado *et al.*, 2010).

CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO DA RECEITA DE *FRESH FRUIT MARBLES* (FFM) À BASE DE SUMO DE LIMÃO

4.1. Formulação dos FFM

Foi desenvolvida uma receita de *Fresh Fruit Marbles* à base de sumo de limão. Na receita foi utilizado como agente gelificante a pectina de alto metóxilo (HM). Foi utilizado também açúcar (sacarose) numa percentagem de aproximadamente 50 % (m/m) e também bicarbonato de sódio a 0,5 % (m/m) (Tabela 6). Foram colocados, aleatoriamente, uma folha de hortelã ou uma tira de casca de limão.

Foram utilizados nos *Fresh Fruit Marbles* à base de sumo de limão revestimentos à base de hidrocolóides. Assim sendo foram desenvolvidas três soluções diferentes para revestimentos comestíveis com pectina de alto metóxilo (*quantum satis* - *qs*), de iota carragenato (*qs*) e carboximetilcelulose (*qs*). A composição e as quantidades (em gramas) utilizadas para a preparação das soluções filmogénicas estão indicadas na Tabela 7.

Tabela 6. Quantidades dos ingredientes utilizadas para a receita de FFM à base de sumo de limão (em gramas).

Amostra	Ingredientes				
	Sumo de limão	Açúcar	Pectina HM	Bicarbonato de sódio	Total
FFM	94,5	100	4,5	1	200
			2 % (m/m)	0,5 % (m/m)	

Tabela 7. Formulações dos revestimentos testados (em gramas).

Amostras	Elemento Decorativo	Ingredientes				
		CMC	Pectina HM	Iota carragenato	Água destilada	Açúcar
FFM	Tira de Casca de limão	0,5 1 % (m/m)	—	—	30	5
FFM		—	1 3 % (m/m)	—	30	5
FFM		—	—	0,5 1 % (m/m)	30	5
FFM	Folha de Hortelã-pimenta	0,5 1 % (m/m)	—	—	30	5
FFM		—	1 3 % (m/m)	—	30	5
FFM		—	—	0,5 1 % (m/m)	30	5

4.2. Desenho experimental - Preparação dos FFM

A produção dos FFM foi realizada na planta piloto da ESAB (Escola Superior Agrária de Beja). Num fluxograma apresentado na Figura 29 explicaram-se as principais etapas da produção de *Fresh Fruit Marbles* à base de sumo de limão.

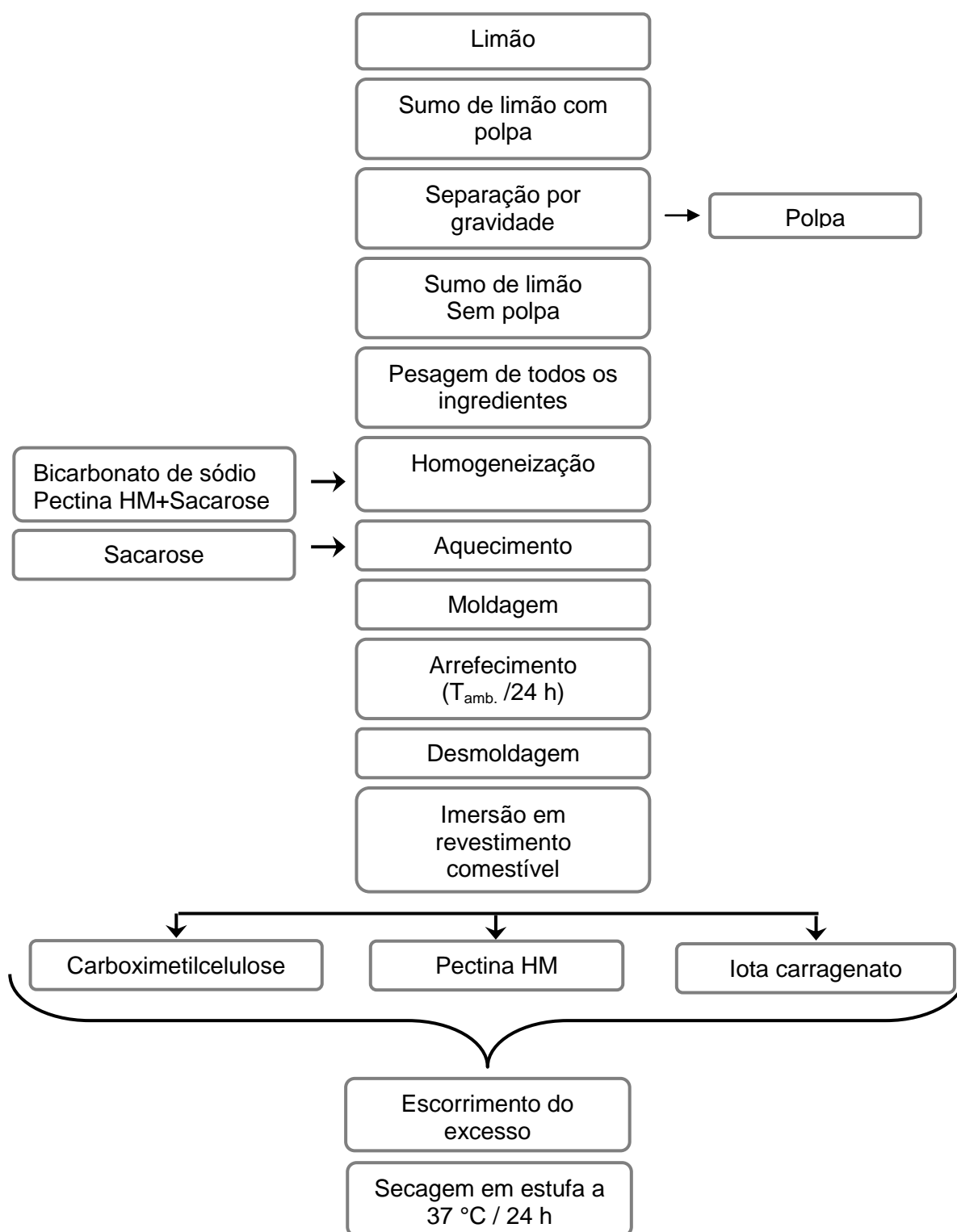


Figura 29. Fluxograma da produção de FFM à base de sumo de limão.

A produção dos *Fresh Fruit Marbles* à base de sumo de limão foi iniciada com a obtenção e preparação do sumo. O desenvolvimento destas etapas do processo já foi descrito em

secções anteriores (2.1.1.3. Sumo de Limão). Em seguida foi realizada a pesagem de todos os ingredientes.

O bicarbonato de sódio foi adicionado ao sumo de limão, sob agitação moderada. A solução ficou em repouso alguns minutos. Ulteriormente numa placa de aquecimento foi aquecida a solução, à qual foi adicionada a pectina de alto metóxilo (HM). Este agente gelificante foi misturado com uma quantidade razoável de açúcar, por razões já explicadas em secções anteriores (3.2. Desenho experimental – Preparação dos FFM) e na literatura (Brejnholt, 2010).

A quantidade restante de açúcar foi adicionada, sob agitação constante, quando a solução atingiu a temperatura de 50 °C.

Quando a temperatura desejada foi atingida, 105±1 °C, a pasta foi colocada dentro de sacos de pasteleiro de plástico (LDPE) resistentes a altas temperaturas e, posteriormente, nos orifícios do molde, onde se tinha previamente colocado, aleatoriamente, finas tiras de casca de limão e folhas de hortelã-pimenta.

O formato esférico dos FFM foi obtido através de moldes específicos de confeitaria (de policarbonato), mencionados no capítulo 3. Os moldes foram preenchidos e deixados em repouso, durante 24 h, até a pasta arrefecer completamente e formar um gel. Ao fim desse tempo, os FFM foram desmoldados, mantendo a sua forma esférica.

Por fim, após os FFM terem sido desmoldados, procedeu-se ao seu revestimento, seguindo a mesmo método de imersão mencionado, igualmente, no capítulo 3.

Na preparação das formulações das soluções filmogénicas de carboximetilcelulose, pectina de alto metóxilo e iota carragenato foi necessário proceder a uma pré-mistura dos hidrocolóides com um ingrediente desidratante, neste caso o açúcar, de modo a que não ocorresse a formação de grânulos, que dificultariam a gelificação (Cash e Caputo, 2010; Brejnholt, 2010; Blakemore *et al.*, 2010).

As soluções filmogénicas foram preparadas numa placa de aquecimento sob agitação e controlo constante da temperatura. Logo que a temperatura desejada foi atingida as soluções foram retiradas da placa. Para cada solução filmogénica utilizaram-se diferentes temperaturas de gelificação. Sendo assim foram utilizadas temperaturas de 60 (solução com pectina HM), de 70 (solução com iota carragenato) e 100 °C (solução com carboximetilcelulose).

Por fim os FFM foram imersos em cada solução e colocados numa rede de modo a evitar excessos. Ao fim de alguns minutos foram dispostos sobre um tabuleiro de alumínio numa estufa a 37 °C durante 24 h.

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Utilização de vários revestimentos comestíveis em Fresh Fruit Marbles

As médias, desvios-padrão e resultados da análise de variância obtidos na caracterização física, química e microbiológica das amostras de FFM à base de maçã, encontram-se na Tabela A 2, em anexo.

Na Tabela 8 está a informação que permite ler os códigos usados nos gráficos seguintes onde se apresentam os resultados.

Tabela 8. Descodificação dos códigos, referentes às amostras, usados nos gráficos onde se apresentam os resultados.

Amostras	Descodificação
LC	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com CMC e adição de tira de casca de limão
LP	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com Pectina HM, com adição de tira de casca de limão
LI	FFM com um hidrocolóide na composição - pectina HM - e revestimento com Iota carragenato, com adição de tira de casca de limão
HC	FFM com um hidrocolóide na composição – pectina HM - e revestimento com CMC, com adição de folha hortelã-pimenta
HP	FFM com um hidrocolóide na composição – pectina HM - e revestimento com Pectina HM, com adição folha de hortelã-pimenta
HI	FFM com um hidrocolóide na composição – pectina HM - e revestimento com Iota carragenato, com adição folha de hortelã-pimenta

Os FFM à base de sumo de limão tinham um peso médio compreendido entre 7 e 9 g e um diâmetro médio compreendido entre 2,0 e 2,1 cm.

4.3.1.1. Determinação da humidade

No gráfico da Figura 30 pode verificar-se que os resultados referentes à humidade não variam significativamente para os revestimento com carboximetilcelulose (LC e HC) e com revestimento com iota carragenato (LI e HI), mas há diferenças significativas ($P < 0,05$) quando o revestimento foi a pectina de alto metóxilo (HP). Pode-se assim dizer que o revestimento de pectina baixou ligeira mas significativamente a humidade nos FFM. A causa desta diferença pode ter sido causada pela percentagem de concentração utilizada de pectina de alto metóxilo (3%) que foi superior à percentagem utilizada dos outros hidrocolóides (1%).

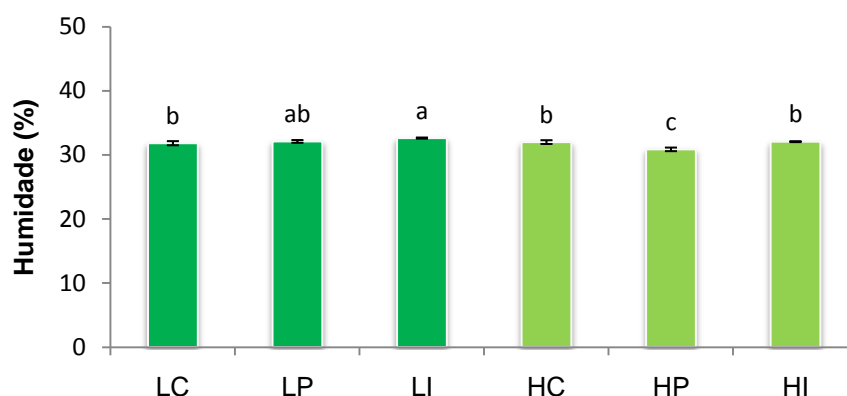


Figura 30. Valores de Humidade, em percentagem, em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e iota carragenato (I).

4.3.1.2. Determinação da actividade da água

Na Figura 31 pode-se observar que os resultados referentes ao aw não variam significativamente com o tipo de revestimento utilizado, independentemente da folha de hortelã-pimenta ou tira de casca de limão. Estes resultados estão de acordo, na generalidade, com os resultados referentes à humidade.

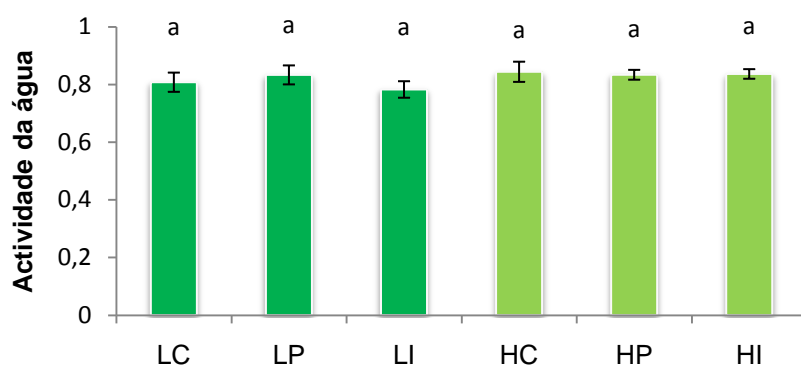


Figura 31. Valores da actividade da água (aw) em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).

4.3.1.3. Determinação do pH

Na Figura 32 verificamos que os resultados referentes aos pH diferem significativamente com o tipo de elemento decorativo ($P < 0,05$), verificando-se que para os resultados referentes à adição de tira de casca de limão o valor de pH é ligeiramente mais baixo que os resultados referentes à adição de folha de hortelã-pimenta, já que o limão é rico em ácido cítrico.

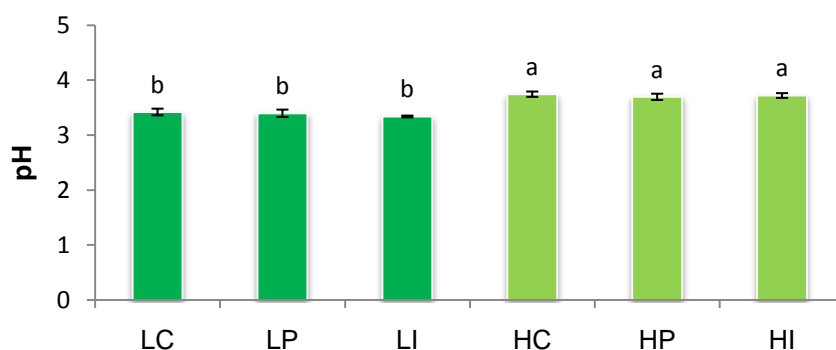


Figura 32. Valores do pH em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).

O valor do pH das amostras foi em média de 3,55, ligeiramente superior ao valor de pH antes de gelificar (3,4). A adição de bicarbonato de sódio teve o objectivo de auxiliar o aumento do valor de pH da solução, visto que o sumo de limão tinha um valor de pH de 2,19, o que favoreceu a gelificação das amostras.

4.3.1.4. Determinação do grau Brix

Na Figura 33 onde estão representados os resultados referentes ao teor de sólidos solúveis totais (SST) podemos verificar que estes não variam significativamente com o tipo de revestimento, contudo para os resultados com revestimento com carboximetilcelulose (CMC) os valores do grau Brix são ligeiramente mais elevados. Os valores do grau Brix estão todos compreendidos em média entre 60 e 80°Brix, sendo compreensível pela mesma quantidade de sacarose utilizada tanto na receita dos FFM, tanto na composição da solução filmogénica.

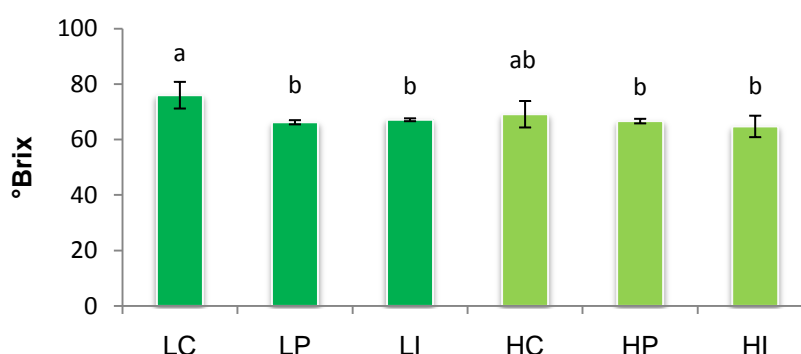


Figura 33. Valores do grau Brix em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).

4.3.1.5. Determinação da Cor

Na Figura 34 estão indicados os resultados relativos à Luminosidade, onde se observa que não existem diferenças significativas com o tipo de revestimento utilizado. Em todas as amostras foi possível verificar, em termos visuais que todos os filmes eram incolores e proporcionaram mais brilho aos FFM.

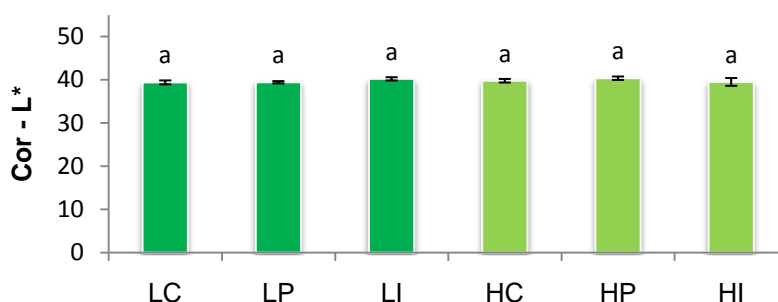


Figura 34. Valores da Luminosidade (L*) em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).

Quanto aos resultados de a^* , representados na Figura 35, pode-se verificar que estes não variam significativamente com o tipo de revestimento utilizado, ao contrário do que acontece com as amostras com diferentes elementos decorativos. Neste caso há diferenças significativas ($P < 0,05$), observando-se que os resultados referentes a amostras com adição de hortelã-pimenta tem valores de a^* mais elevados (mais verdes) que as amostras com adição de tiras de casca de limão. Esta situação deve-se pelo facto de a cor da folha de hortelã-pimenta ser de tonalidade verde.

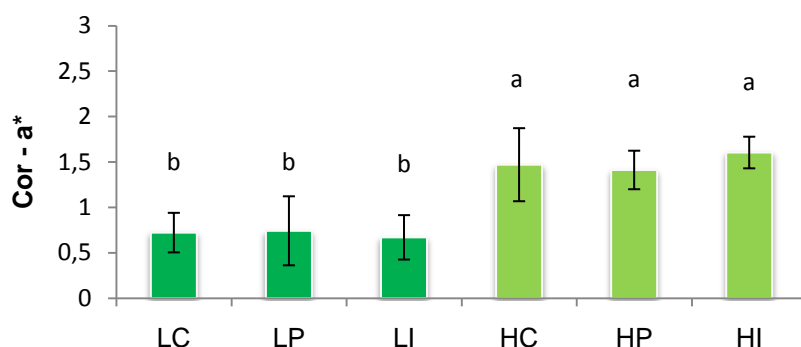


Figura 35. Valores de a^* em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).

Quanto aos resultados de b^* , representados na Figura 36, pode-se verificar que estes não variam significativamente com o tipo de revestimento utilizado nem com o tipo de elemento decorativo. É possível afirmar que todas as amostras têm tendência ficar com tonalidades mais próximas do amarelo.

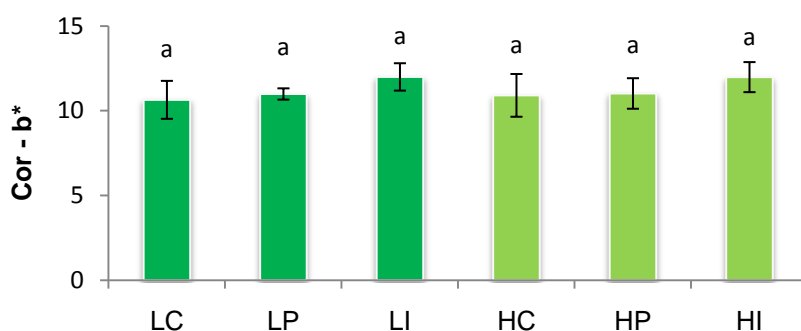


Figura 36. Valores do b^* em FFM. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e lota carragenato (I).

Esta situação pode ser verificada na Figura 37, onde se observa aproximadamente a coloração das amostras.

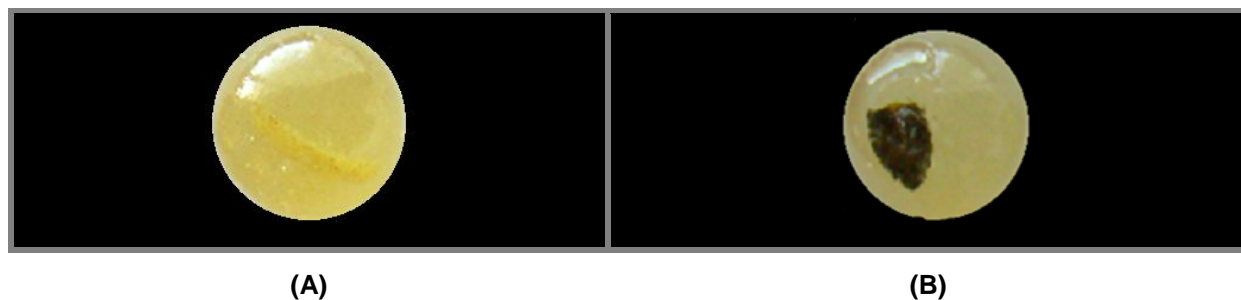


Figura 37. Imagens dos FFM revestidos com solução filmogénica. **(A)** FFM com tira de casca de limão; **(B)** FFM com hortelã-pimenta.

4.3.1.6. Determinação da Dureza

Na Figura 38 estão apresentados os resultados da dureza, obtidos por diferentes métodos.

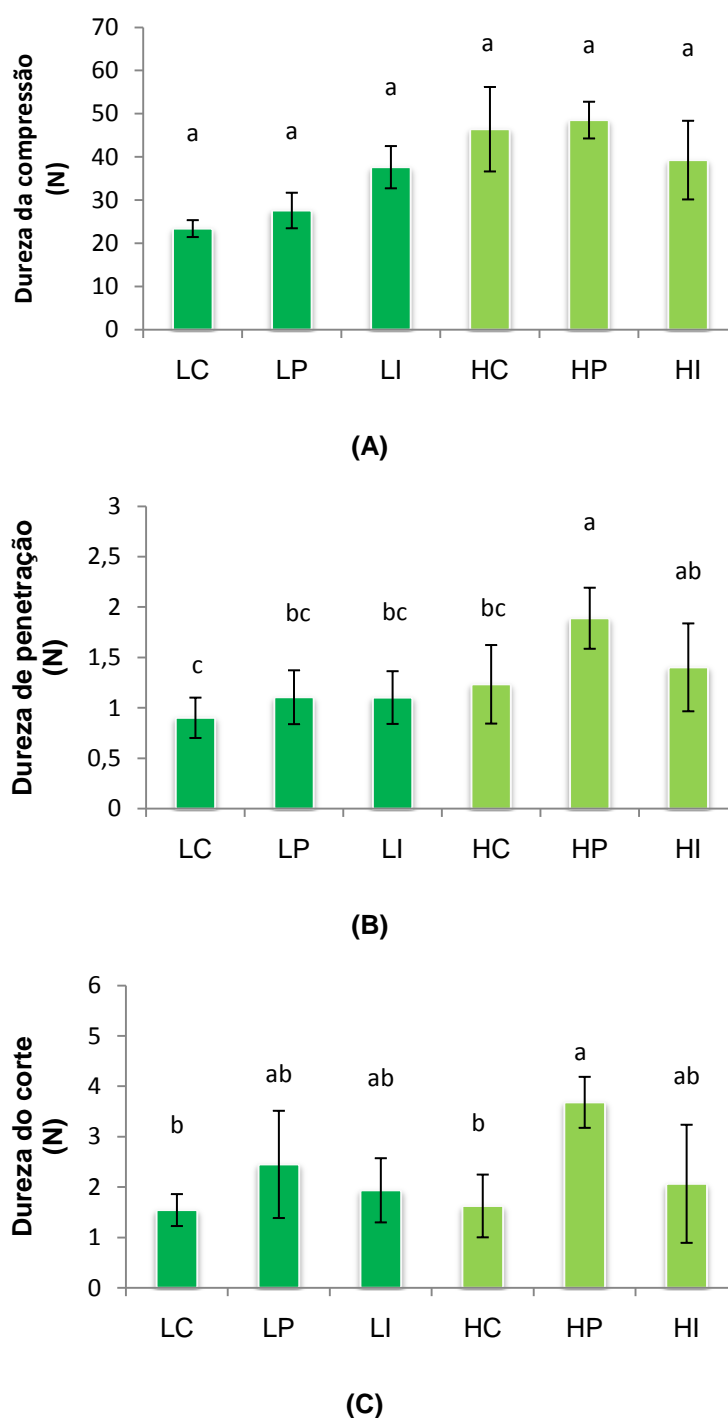


Figura 38. Valores da dureza realizados por diferentes métodos – compressão (A), penetração (B) e corte (C) – aos FFM à base de sumo de limão. Adição de tira de casca de limão (●) e folha de hortelã-pimenta (▲). Revestimentos: Carboximetilcelulose (C); Pectina HM (P) e Iota carragenato (I).

Nos resultados, obtidos pelo teste de compressão (A), relativos ao valor máximo no 2º pico pode-se observar que estes não variam significativamente com o tipo de revestimento nem com o tipo de elemento decorativo.

No teste de penetração (B), relativos ao valor máximo no 2º pico variam significativamente ($P < 0,05$) com o tipo de elemento decorativo nos revestimentos com pectina de alto metóxilo (LP e HC) e não diferem significativamente nos revestimentos com carboximetilcelulose (LC e HC) e nos revestimentos com carragenato tipo iota (LI e HI). A penúltima amostra (HP) é a que apresenta maior dureza, ou seja, apresenta uma maior resistência ao ser penetrada, visto que a concentração do hidrocolóide – pectina de alto metóxilo - ser superior do que nas outras amostras.

Os resultados relativos a este teste de corte (C) não variam significativamente com o tipo de revestimento nem com o tipo de elemento decorativo, nos revestimentos com carboximetilcelulose e nos revestimentos com iota carragenato, mas diferem significativamente nos revestimentos com pectina de alto metóxilo ($P < 0,05$). Por sua vez estas amostras (LP e HP) são as que apresentam maiores valores de dureza. Esta diferença no corte, que não se fez notar nem na compressão nem na penetração, pode ser devida ao facto do corte ser mais sensível à dureza do revestimento, que neste caso do revestimento de pectina tinha uma concentração do hidrocolóide (3%) enquanto nos outros se usou 1 % de hidrocolóide.

É possível então afirmar que as amostras que apresentam maior valor de dureza máxima foram as amostras com revestimento com filme de pectina de alto metóxilo, tanto com tiras de casca de limão tanto com folha de hortelã-pimenta (HP e LP). A partir dos resultados dos gráficos de perfil médio de textura (Figura 39), verifica-se mais claramente este facto.

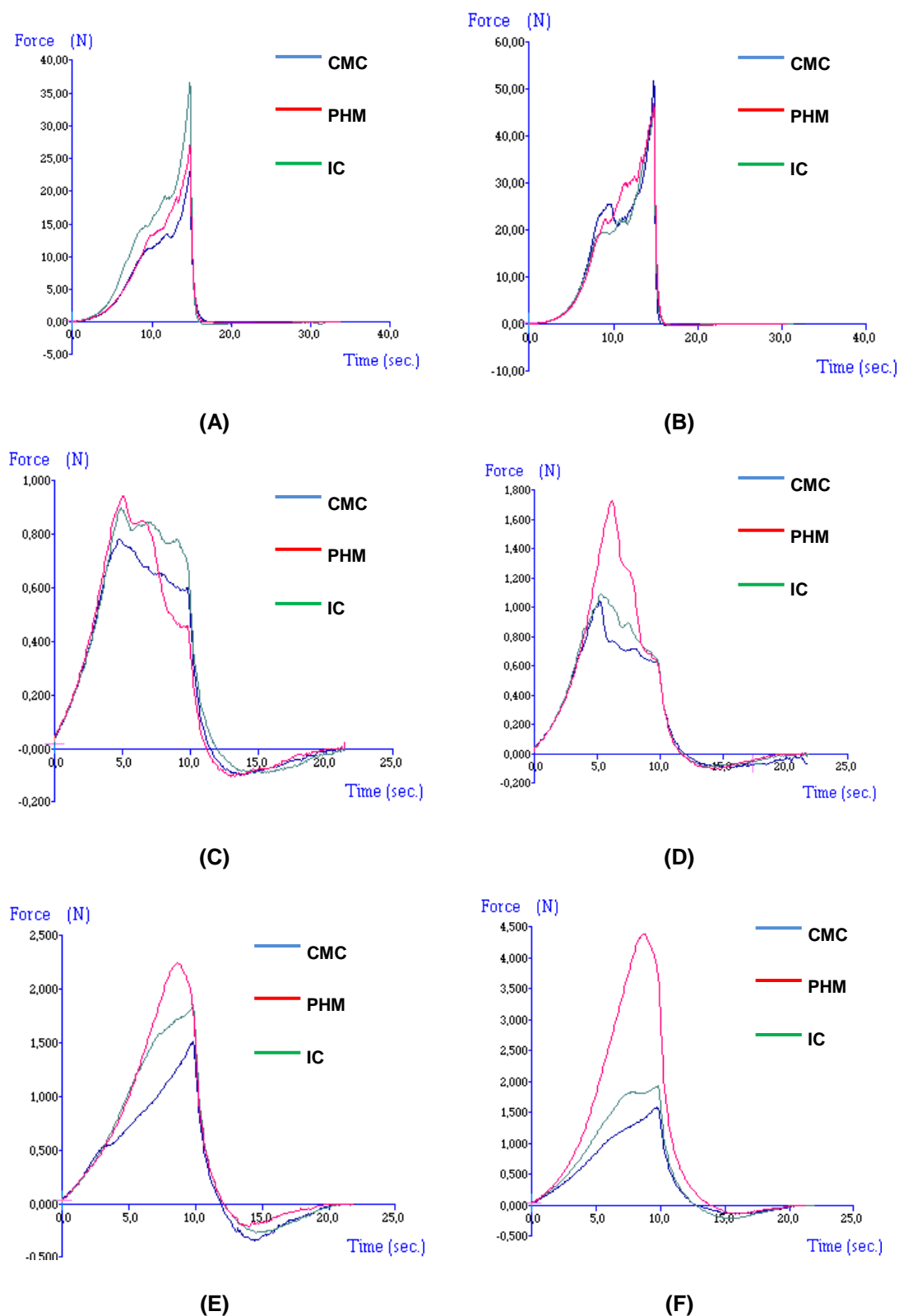


Figura 39. Gráficos das médias do teste de compressão (A, B), penetração (C, D) e corte (E, F) nos FFM à base de sumo de limão, com tiras de limão (A, C e E); hortelã-pimenta (B, D e F). CMC: revestimento com carboximetilcelulose; PHM: Revestimento com pectina de alto metóxilo; IC: Revestimento com iota carragenato.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS

No trabalho efectuado concluiu-se que a utilização de diferentes tipos de hidrocolóides (pectina de alto metóxilo, mistura de carragenato tipo iota com goma de alfarroba) para a produção de *Fresh Fruit Marbles* afecta algumas propriedades físicas e químicas, como também propriedades reológicas.

Em relação aos FFM's à base maçã, no caso do revestimento com açúcar foi constatada uma ligeira redução na humidade e no a_w e um aumento de luminosidade, que são características positivas com impacto no tempo de prateleira e no aspecto visual dos FFM. Em relação aos hidrocolóides do gel há um ligeiro aumento na dureza dos FFM produzidos com a mistura iota carragenato/goma de alfarroba que ficam mais elásticos. Quanto à luminosidade, há um ligeiro aumento para a mistura de hidrocolóides em relação aos resultados com um único hidrocolóide – pectina de alto metóxilo (mais escuro). Esta situação deve-se à utilização de uma temperatura superior para a produção dos FFM com Pectina HM que leva a caramelizações dos açúcares que escurecem o gel. Relativamente à conservação verificou-se que o revestimento com açúcar é o que preserva mais os FFM's com contagens de bolores e leveduras mais baixos e sem aparecimento visível de bolores nem cheiro a mofo, aumentando assim, efectivamente, o tempo de vida útil do produto.

Em relação aos FFM's à base de sumo de limão, não se verificou diferenças significativas ($P > 0,05$) nas características destes quando se adicionaram folha de hortelã e tiras de casca de limão. Salvo no caso do pH, ligeiramente mais baixo para os FFM com tiras de casca de limão, que é mais ácida do que a folha de hortelã. Relativamente ao revestimento, notou-se um ligeiro acréscimo de dureza quando se utilizou o filme de pectina de alto metóxilo, que foi utilizada em concentração superior aos restantes filmes (3%). A cor, apresentou diferenças que eram esperadas, já que a folha de hortelã é verde e a casca de limão é amarela, no entanto foram diferenças ligeiras. O açúcar não foi usado como revestimento nos FFM de limão, com inclusão do elemento decorativo, por tirar a transparência necessária, mas foi de facto o revestimento mais eficaz de todos aqueles que foram utilizados.

Em conclusão, podemos dizer que este produto, *Fresh Fruit Marble*, é muito apelativo e constitui uma inovação que pode ser usada com sucesso pelos confeiteiros no verão, quando têm de interromper a produção/venda de chocolate. É um produto fresco e com sabor natural da fruta, onde se pode usar a imaginação e adicionar fragmentos vegetais decorativos, tornando-os muito apelativos e mais seguros do ponto de vista alimentar.

TRABALHOS FUTUROS

Uma vez atingido o objectivo deste trabalho: obtenção de gelificados de fruta à base de maçã e sumo de limão (FFM) ficam em aberto outros temas de investigação.

- Aplicação a formulações com outras polpas de fruta;
- Utilização de outros elementos decorativos no interior dos FFM mais transparentes;
- Avaliação da qualidade e tempo de prateleira dos FFM ao fim de 6 meses;
- Utilização de outros filmes para o revestimento de FFM, edíveis e bioactivos pela adição de conservantes naturais;
- Análise Sensorial aos FFM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, V.D.; Costa, N. e Coelho, I.M. (2010). Barrier properties of biodegradable composite films based on kappa-carrageenan/pectin blends and mica flakes. *Carbohydrate Polymers* **79**: 269-276.
- AOAC (1990). Method no. 925.49. Preparation of sample. In: *Official Methods of Analysis*, 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington.
- AOAC (1990). Method no. 925.45 B. Moisture in sugar: Drying at atmospheric Pressure. In: *Official Methods of Analysis*, 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington.
- Baldwin, E.A.; Burns, J.K.; Kazokas, W.; Brecht, J.K.; Hagenmaier, R.D.; Bender, R.J. e Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* **17**: 215-226. (Citado em Gonçalves 2007)
- Beirão-da-Costa, S. M. M. (1998). Conservação de Maçã Bravo de Esmolfe por Aplicação de Filmes Edíveis. In: *Instituto Superior de Agronomia*, pp. 69. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. (Citado em Gonçalves, 2007)
- Beirão-da-Costa, S.; Duarte C.; Bourbon, A.I.; Pinheiro, A.C.; Serra, A.T.; Moldão-Martins, M.; Januário, M.I.N.; Vicente, A.A.; Delgadillo, I.; Duarte, C. e Beirão-da-Costa, M.L. (2011). Effect of the matrix system in the delivery and in vitro bioactivity of microencapsulated Oregano essential oil. *Journal of Food Engineering*, In Press, [doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.05.043](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.043).
- Blakemore, W.R. e Harpell, A.R. (2010). Carrageenan. In: *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, A. Imenson (ed.), pp.73-88. Blackwell Publishing, U.K.
- Bourne, M.C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press, 2nd Ed, Londres, U.K.
- Brejnholt, S.M. (2010). Pectin. In: *Food stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, A. Imenson (ed.), pp. 237-262. Blackwell Publishing, U.K.
- Campo, V.L.; Kawano, D.F.; Silva, D.B.D.S. e Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis-Review. *Carbohydrate Polymers* **77**: 167-180.

Cash, M.J. e Caputo, S.J. (2010). Cellulose Derivates. In: *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, A. Imenson (ed.), pp. 95-113. Blackwell Publishing, U.K.

Cybercolloids (2011). *The Hydrocolloids venture catalysts*. Cybercolloids, Ltd., Irlanda. Disponível em < <http://www.cybercolloids.net/>>. Acesso em: 1 de Setembro de 2011.

Debeaufort, F.; Quezada-Gallo, J.A. e Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: a review. *Food Science*, **38**: 299-313. (Citado em Gonçalves, 2007)

Doublier, J.L., e Thibault, J.F. (1984). Les agents épaississants et gélifiants de nature glucidique. In: *Additifs et Auxiliaires de Fabrication dans les Industries Agro-alimentaires*. Collection Science et Techniques Agro-alimentaires, pp. 305-341. (Citado em Nunes, 2005)

Falcão-Rodrigues, M.M.; Moldão-Martins, M. e Beirão-da-Costa, M.L. (2007). DSC as a tool to assess physiological evolution of apples preserved by edibles coatings. *Food Chemistry* **102**: 475-480.

Glicksman, M. (1969). Food Applications of Gums. In: *Gum Technology in the Food Industry*, pp. 270-294. Academic Press, Londres.

Gonçalves, A.I.S.R. (2007). *Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis enriquecidos em antioxidantes na conservação de frutos minimamente processados*. Dissertação de Mestrado em Controlo de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos. Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/229>>. Acesso em: 12 de Setembro de 2011.

Guilbert, S.; Gontard, N. e Gorris, L. G. M. (1996). Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. *LWT - Food Science and Technology* **29**: 10-17. (Citado em Gonçalves, 2007)

Hambleton, A.; Fabra, M.J.; Debeaufort, F.; Dury-Brun, C. e Voilley, A. (2009a). Interface and aroma barrier properties of iota-carrageenan emulsion-based films used for encapsulation of active food compounds. *Journal of Food Engineering* **93**: 80-88.

Hambleton, A.; Debeaufort, F.; Bonnotte, A. e Voilley, A. (2009b). Influence of alginate emulsion-based films structure on its barrier properties and on the protection of microencapsulated aroma compound. *Food Hydrocolloids* **23**: 2116-2124.

- Imenson, A. (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Blackwell Publishing, U.K.
- Karbowiak, T.; Debeaufort, F.; Champion, D. e Voilley, A. (2006). Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. *Journal of colloid and Interface Science* **294**: 400-410.
- Leitão, C.A.S.G. (2005). *Gelificaddos hipocalóricos de sumo de uva – Optimização da formulação e caracterização reológica*. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Morais, A.M. (2008). *Revestimentos comestíveis para frutos de IV Gama*. Frutas, legumes e flores. Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa **101**: 22-29.
- Morris, E.D. (1990). Mixed polymer gels. In: *Food Gels*, P. Harris (ed.), pp. 291-359. Elsevier Applied Science, Londres.
- Morris, G.A.; Torre, J.G.D.A.; Ortega, A.; Castile, Y.; Smith, A. e Harding, S.E. (2008). Molecular flexibility of citrus pectins by combined sedimentation and viscosity analysis. *Food Hydrocolloids* **22**: 1435-1442.
- Nippon Denshoku (2007). *Advanced Technology in color and Brightness*. Nippon Denshoku Industries Co., Ltd., Japão. Disponível em <<http://www.nippondenshoku.co.jp/>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2011.
- NP 3277-1 (1987). Norma Portuguesa para Microbiologia Alimentar: Contagem de bolores e leveduras: Incubação a 25°C. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- Nunes, M.C.H. (2005). *Interacções Proteína/Polissacárido em Géis Proteicos de Origem Vegetal*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Oakenfull, D. e Scott, A. (1984). Hydrophobic interaction in the gelation of high methoxyl pectins. *Journal of Food Science* **49**: 1093-1098. (Citado em Leitão, 1995)
- Oasis (2009). *La maison des Bonbons*. Disponível em: <<http://www.lamaisondesbonbons.com/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2011.

- Pintado, C.M.B.S.; Ferreira, M.A.S.S. e Sousa, I. (2010). Control of pathogenic and spoilage microorganisms from cheese surface by whey protein films containing malic acid, nisin and natamycin. *Food Control* **21**: 240–246.
- Pomeranz, Y. (1991). *Functional Properties of Food Components*, Cap.5. Academic Press, 2nd Ed, Londres, 147-191. (Citado em Nunes, 2005)
- Rao, M.A. e Cooley, R.H. (1993). Dynamic Rheological Measurement of structure Development in High-methoxyl Pectin/Fructose Gels. *Journal of Food Science* **58** (4): 876-879. (Citado em Leitão, 1995)
- Rolin, C. e Vries, J. (1990). Pectin. In: *Food Gels*, P. Harris (ed.), pp. 401-434. Elsevier Applied Food Science, Londres.
- Sanderson, G.R. (1981). Polysaccharides in Foods. *Food Technology* **35** (7): 50-83. (Citado em Leitão, 1995)
- Sanderson, G.R.; Bell, V.L. e Ortega, D. (1989). A comparison of Gellan Gum, Agar, K-Carrageenan and Algin. In: *Cereal Food Gels*, P. Harris (ed.), pp. 201-232. Elsevier Applied Food Science Series. (Citado em Leitão, 1995)
- Smewing, J. (1999). Hydrocolloids. In: *Food Texture: Measurement and Perception*, A.J. Rosenthal (ed.), pp. 282-303. Aspen Publishers Inc., Maryland. (Citado em Nunes, 2005)
- Sousa, I.; Gaspar, C. e Laureano, O. (1995). *Geleias hipocalóricas de sumo de uva*. In: 3^o Simpósio de vitivinicultura do Alentejo (Vol. 2), pp 9-20. Évora, Portugal
- Sousa, I.M.N. (2001). A Reologia dos produtos alimentares. In: *Reologia e Suas Aplicações Industriais*, A. Gomes de Castro, J. A. Covas e A. C. Diogo (eds.), pp. 131-158. Instituto Piaget, Ciência e Técnica, Lisboa.
- Sousa, I.M.N. (2010). *Apontamentos de biopolímeros e estrutura*: Mestrado em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

- Sousa, I.; Pereira, M.; Pintado, C.; Ferreira, M.A.S.S.; Cordeiro, C.; Fernandes, A.I. e Alves, V. (2011). Food Packaging by bioactive biopolymer films: the rheology of the solutions and the mechanical behavior of films based on WPI, fish gelatin and chitosan. In: *Rheology Trends: from nano to macro systems*, Cidade, M.T., Sousa, I.M.N e Franco, J.M. (eds.), pp. 171-174. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Stanley, N.F. (1990). Carrageenans. In: *Food Gels*, Peter Harris (ed.), pp. 79-119. Elsevier Applied Science, Londres.
- Tanada-Palmu, P.S. e Grosso, C.R.F. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology* **36**: 199-208. (Citado em Gonçalves, 2007)
- Tolstoguzov, V.B. (1992). The functional properties of food properties of food proteins. In: *Gums and Stabilisers for the Food Industry* (Vol. 6), G.O. Phillips, P.A. Williams, D.J. Wedlock (eds.), pp. 241-266. IRL Press, Oxford. (Citado em Nunes, 2005)
- Tolstoguzov, V.B. (2003). Some thermodynamic considerations in food formulation. *Food Hydrocolloids* **17**: 1-23. (Citado em Nunes, 2005)
- Vries, J. (2004). Hydrocolloid gelling agents and their applications. In: *Gums and Stabilisers for Food Industry* (Vol. 12), Williams, Glyn O. Phillips (eds), pp. 23-31. Royal Society of Chemistry, U.K. (Citado em Nunes, 2005)
- Wielinga, W. (2010). Seed Gums. In: *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, A. Imenson (ed.), pp. 275-291. Blackwell Publishing, UK.

APÊNDICES

Apêndice 1

Tabela com valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as várias amostras de *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã.

Tabela A 1. Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as várias amostras de *Fresh Fruit Marbles* à base de maçã.

Parâmetros	N	Fresh Fruit Marbles					
		Pectina HM			Iota Carragenato / Goma alfarroba		
		Revestimentos comestíveis					
		Azeite	Açúcar	Pectina HM	Azeite	Açúcar	Pectina HM
Humidade %	5	32,82 (0,36) ^{bc}	24,63 (0,73) ^d	31,42 (0,59) ^c	40,62 (0,29) ^a	26,07 (1,45) ^d	34,49 (1,56) ^b
Cor – L*	5	33,20 (0,55) ^c	34,73 (3,59) ^c	33,16 (0,82) ^c	41,09 (2,14) ^b	56,35 (1,77) ^a	43,74 (2,12) ^b
Cor – a*	5	- 0,022 (0,1) ^b	- 0,06 (0,08) ^b	0,29 (0,17) ^a	- 0,70 (0,1) ^d	- 0,27 (0,1) ^{bc}	- 0,388 (0,18) ^c
Cor – b*	5	6,05 (0,77) ^{bcd}	4,73 (0,75) ^d	6,98 (0,56) ^{bc}	7,43 (1,12) ^{ab}	5,41 (0,38) ^{cd}	8,86 (0,75) ^a
A _w	5	0,86 (0,01) ^b	0,81 (0,01) ^c	0,86 (0,01) ^b	0,90 (0,01) ^a	0,83 (0,01) ^c	0,87 (0,01) ^{ab}
pH	5	3,32 (0,02) ^a	3,32 (0,01) ^a	3,29 (0,01) ^a	3,29 (0,05) ^a	3,29 (0,06) ^a	3,3 (0,05) ^a
TSS (°Brix)	5	61,44 (0,92) ^{cd}	70,22 (0,64) ^a	62,42 (1,78) ^c	59,00 (1,04) ^d	70,24 (0,53) ^a	65,78 (2,35) ^b
Dureza do corte (N)	5	0,91 (0,08) ^c	2,11 (0,44) ^c	1,10 (0,19) ^c	1,35 (0,58) ^c	5,84 (0,70) ^a	3,74 (0,77) ^b
Dureza de compressão (N)	5	10,14 (1,54) ^{cd}	35,92 (4,62) ^{bc}	17,00 (4,15) ^{cd}	7,98 (3,13) ^d	108,90 (24,42) ^a	52,01 (17,83) ^{bc}
Dureza de penetração (N)	10	0,41 (0,06) ^{cd}	1,25 (0,18) ^b	0,77 (0,12) ^c	0,26 (0,06) ^d	2,13 (0,54) ^a	1,38 (0,41) ^b
Bolores e leveduras (ufc/ml)	2	2,23 (0,16) ^b	2,20 (0) ^b	2,24 (0,41) ^{ab}	2,76 (0,06) ^{ab}	2,04 (0,19) ^b	3,33 (0,30) ^a

Nota: ^{a,b,c, ...} - Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 5$, para o teste de penetração $n = 10$ e para a contagem de bolores e leveduras $n=2$. (teste de Scheffé).

Apêndice 2

Tabela com valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as várias amostras de *Fresh Fruit Marbles* à base de sumo de limão.

Tabela A 2. Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as várias amostras de “*Fresh Fruit Marble*” à base de sumo de limão.

Parâmetros	N	Fresh Fruit Marbles					
		Junção de tiras de casca de limão			Junção de folha de hortelã-pimenta		
		Revestimentos comestíveis					
		CMC	Pectina HM	Iota Carragenato	CMC	Pectina HM	Iota Carragenato
Humidade %	5	31,80 (0,32) ^b	32,08 (0,21) ^{ab}	32,60 (0,09) ^a	31,98 (0,29) ^b	30,84 (0,28) ^c	32,04 (0,07) ^b
Cor – L*	5	39,39 (0,45) ^a	39,42 (0,26) ^a	40,21 (0,38) ^a	39,77 (0,42) ^a	40,35 (0,40) ^a	39,50 (0,90) ^a
Cor - a*	5	0,72 (0,22) ^b	0,74 (0,38) ^b	0,67 (0,24) ^b	1,47 (0,40) ^a	1,41 (0,21) ^a	1,60 (0,17) ^a
Cor - b*	5	10,64 (1,12) ^a	10,98 (0,33) ^a	11,99 (0,81) ^a	10,90 (1,26) ^a	11,01 (0,90) ^a	11,98 (0,89) ^a
A _w	5	0,81 (0,03) ^a	0,83 (0,03) ^a	0,78 (0,03) ^a	0,84 (0,04) ^a	0,83 (0,02) ^a	0,84 (0,02) ^a
pH	5	3,42 (0,06) ^b	3,40 (0,07) ^b	3,34 (0,02) ^a	3,75 (0,05) ^a	3,70 (0,06) ^a	3,72 (0,04) ^a
TSS (°Brix)	5	76,02 (4,81) ^a	66,26 (0,76) ^b	67,16 (0,51) ^b	69,16 (4,77) ^{ab}	66,68 (0,82) ^b	64,76 (3,87) ^b
Dureza de corte (N)	5	1,54 (0,32) ^b	2,45 (1,06) ^{ab}	1,93 (0,64) ^{ab}	1,62 (0,62) ^b	3,68 (0,51) ^a	2,06 (1,17) ^{ab}
Dureza de compressão (N)	5	23,41 (4,37) ^a	27,59 (9,19) ^a	37,62 (10,93) ^a	46,41 (19,54) ^a	48,51 (9,50) ^a	39,26 (18,20) ^a
Dureza de penetração (N)	10	0,90 (0,20) ^c	1,11 (0,27) ^{bc}	1,10 (0,26) ^{bc}	1,23 (0,39) ^{bc}	1,89 (0,30) ^a	1,40 (0,44) ^{ab}

Nota: ^{a,b,c,...} - Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 5$, para o teste de penetração $n = 10$ e para a contagem de bolores e leveduras $n=2$. (teste de Scheffé).

